



**Rotterdam Convention on the Prior
Informed Consent Procedure for
Certain Hazardous Chemicals and
Pesticides in International Trade**

Distr.: General

28 June 2023

English only

Chemical Review Committee

Nineteenth meeting

Rome, 3–6 October 2023

Item 5 (c) (vii) of the provisional agenda*

Technical work: review of notifications of final

regulatory action: mercury

Mercury: supporting documentation provided by Colombia

Note by the Secretariat

As is mentioned in the note by the Secretariat on mercury: notifications of final regulatory action (UNEP/FAO/RC/CRC.19/11), the annex to the present note sets out documentation provided by Colombia to support its notification of final regulatory action for mercury in the industrial category. The present note, including its annex, has not been formally edited.

* UNEP/FAO/RC/CRC.19/1/Rev.1.

Annex

Mercury: supporting documentation provided by Colombia

List of documents:

1. Notification of final regulatory action for mercury - informal extraction of information in English. PIC Circular LVII, December 2020.
2. LEY 1658 DE 2013. 15 Jul 2013. Ministerio de Justicia y del Derecho. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1685943>.
3. Decreto Número 1041 de 21 Jun 2018 por el cual se modifica el artículo 3° del Decreto 2133 de 2016. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
4. Informe mercurio. Ing. Manuel Salgado Alba, Referente intoxicación por Metales Pesados, Factores de Riesgo Ambiental, Instituto Nacional de Salud.
5. Protocolo de Vigilancia y Control de Intoxicaciones Agudas por Mercurio, 25 de Septiembre de 2010. Instituto Nacional de Salud.
6. Evidencia Científica, Normativa y Técnica sobre la Problemática del Mercurio a Nivel Nacional e Internacional del Sector Salud y de Otros Sectores Relacionados. Revision Sistemática de la Literatura. Octubre de 2012. Convenio de asociación no. 447 de 2012 suscrito entre el Ministerio de Salud y Protección Social y la Fundación para la Educación y el Desarrollo Social.
7. Cuantificación de Liberaciones Antropogénicas de Mercurio en Colombia. Cálculos y cuantificaciones para el año 2009. Versión 1.0. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia. Universidad de Antioquia, Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación. Diciembre de 2010.
8. Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia. Diciembre de 2012.
9. Gaceta del Congreso, Senado y Cámara, Artículo 36, Ley 5a. de 1992, Colombia. Año XX - N° 156, 5 de abril de 2011.
10. Gaceta del Congreso, Senado y Cámara, Artículo 36, Ley 5a. de 1992, Colombia. Año XXI - N° 473, 27 de julio de 2012.
11. Gaceta del Congreso, Senado y Cámara, Artículo 36, Ley 5a. de 1992, Colombia. Año XXI - N° 937, 12 de diciembre de 2012.
12. Gaceta del Congreso, Senado y Cámara, Artículo 36, Ley 5a. de 1992, Colombia. Año XXII - N° 613, 13 de agosto de 2013.
13. Gaceta del Congreso, Senado y Cámara, Artículo 36, Ley 5a. de 1992, Colombia. Año XXII - N° 430, 17 de junio de 2013.
14. Plan Estratégico Sectorial para la Eliminación del Uso del Mercurio. La ruta hacia un beneficio sostenible del oro. República de Colombia, junio de 2016.

Colombia

Notification of final regulatory action for mercury

Informal extraction of information in English

| | |
|-------|--|
| 2.2.1 | <p>The government of Colombia prohibited the marketing and use of mercury under Law 1658 of July 15, 2013 <i>“Under which arrangements are established for the marketing and use of mercury in the different industrial activities of the country, requirements and incentives for their reduction and elimination, and other provisions are issued”</i>.</p> <p>The purpose of the law is <i>“In order to protect and safeguard the human health and preserve renewable natural resources and the environment, the use, import, production, marketing, handling, transportation, storage, final disposal and release into the environment of mercury in industrial activities, whatever they may be”</i>.</p> <p>Specifically, Article 3 establishes the measures to reduce and eliminate the use of mercury in the country as follows:</p> <p><i>“Article III. Reduction and elimination of the use of mercury. The Ministries of Environment and Sustainable Development; Mines and Energy; Health and Social Protection and Work, will establish the necessary regulatory measures that will allow to reduce and eliminate, in a safe and sustainable way, the use of mercury in the different industrial activities of the country. <u>Eradicate the use of mercury throughout the national territory, in all industrial and productive processes within a period not exceeding ten (10) years and for mining within a maximum period of five (5) years...</u>”</i>.</p> |
| 2.3.1 | <p>Before issuing Law 1658 of 2013, mercury was used in:</p> <ul style="list-style-type: none">• Mining.• Chlor-alkali industry.• Production of energy saving lights bulbs. <p>Production of dental amalgams.</p> |
| 2.3.2 | <p>Eradicate the use of mercury throughout the national territory in:</p> <ul style="list-style-type: none">• All industrials and productive processes within a period not exceeding ten (10) years (15 July 2023).• For mining within a maximum period of five (5) years (up to 15 July 2018). |
| 2.3.2 | <p>The regulation prohibits the use and marketing of mercury in industrial activities and establishes two terms depending on the activity. Therefore, currently the deadline for industrial uses other than mining has not been met; this is the reason why the use of mercury in the production of dental amalgam will continue until 15 July 2023.</p> |
| 2.4.1 | <p>Evaluation of dangers, risks and diagnostics of the mercury issue carried out by the Health Sector</p> <p>National Public Health Surveillance System- SIVIGILA</p> <p>Colombia has SIVIGILA, which has been created to provide in a systematic and timely manner, information on the dynamics of events that affect or may affect the health of the Colombian population, in order to:</p> <ul style="list-style-type: none">• Focus policies and planning to public health• Adopt decisions for the prevention and control of diseases and health risk factors.• Improve the monitoring and evaluation of measures adopted.• Rationalize and optimize the available resources and achieve the effectiveness of actions in this matter, aiming for the protection of individual and collective health. |

Within this surveillance system, acute poisonings by chemical substances are reported, including poisonings by mercury, dating since 2008 (Reports of poisoning events by chemical substances are available at the link: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Paginas/Info-Evento.aspx>).

Based on the information collected by SIVIGILA, the National Institute of Health carried out an analysis of mercury poisonings presented in 2010 and 2011 for the Ministry of Health, which highlighted the national problem of mercury poisoning. The report is included in Annex II (**Annex II. INS Mercury Report 2010_2011**).

For more information on SIVIGILA regulation and the information flow of the notification of events of interest in public health, review Decree number 3518 of 2006, available at: <https://www.minsalud.gov.co/Normatividad>

Acute Mercury Poisonings Surveillance and Control Protocol

The protocol was designed in 2010 by the National Institute for Public Health Surveillance – INS - and its objective was: to carry out continuous and systematic monitoring of cases according to the processes established for the notification, collection and analysis of the data that would allow the generation of timely, valid and reliable information to guide prevention and control measures over the case.

In this document information was collected on the physical-chemical properties of mercury, threshold limit values (TLV), the effects of intoxication by this metal and treatment recommendations (Currently, this protocol is not in force, however, it was one of the documents made under the framework of the evaluation of the problem of Mercury in Colombia). The protocol is presented in **Annex III to this form (INS Mercury Protocol)**.

Subsequently, this protocol was adjusted in 2011 and the information was finally consolidated in a unified protocol for chemical substances poisoning. To expand the information on the chemical poisoning protocol and the chemical poisoning notification form (within which mercury poisonings are reported), please go to: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Paginas/Fichas-y-Protocolos.aspx>

Association agreement No. 447 of 2012 signed between the Ministry of Health and Social Protection and the Foundation for Education and Social Development - FES. Scientific, normative and technical evidence on the mercury problem at national and international level of the health sector and other related sectors.

In 2012, the Ministry of Health and Social Protection made the Association Agreement No. 447, 2012 signed by this entity and the Foundation for Education and Social Development - FES, where one of the projects was “to perform a critical analysis of the scientific, normative and technical evidence of the Mercury problem at a national and international level in the health sector and other related sectors”. Additionally, its specific objectives were:

- To describe existing plans and programs to prevent, control, monitor and mitigate exposure to Mercury applicable to the Colombian context.
- To identify the needs of health research on the Mercury problem in Colombia
- Carry out a critical analysis based on a systematic review of the scientific evidence, the national and international regulatory framework, national and local public and environmental health surveillance programs, and technical documents from national and international organizations related to health and other sectors.

The previous document is presented in **Annex IV of this form (Document Mercury FES)**.

Evaluation of hazards, risks and diagnoses of the mercury problem carried out by the Environment Sector

Quantification of anthropogenic Mercury releases in Colombia

This inventory was developed by the Ministry of the Environment, Housing and Territorial Development, currently called the Ministry of Environment and Sustainable Development, and the University of Antioquia with calculations and quantifications for 2009. The document is available in **Annex V (Inventario_Cuantificacion_Mercurio)**.

National Diagnosis of Environmental Health

| | |
|---------|---|
| | <p>The Ministry of the Environment and Sustainable Development carried out this diagnosis by the consulting contract 543 of 2012, in this document is included section 5.2 Mercury (pages 234-248) where an evaluation of exposure and effects of Mercury on health is included. The document is presented in Annex VI (Compiled Environmental Health Diagnosis).</p> <p>The information obtained in these studies and evaluations were taken into account in the discussions held in the Congress of the Republic of Colombia for the development of Law 1658 of 2013. The reference to part of this information can be found in the Congress Gazettes here below:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Congress Gazette No. 156 of 2011. Annex VII.</i> • <i>Congress Gazette No. 473 of 2012. Annex VIII</i> • <i>Congress Gazette No. 937 of 2012. Annex IX.</i> • <i>Congress Gazette No. 613 of 2013. Annex X.</i> • <i>Congress Gazette No. 430 of 2013. Annex XI.</i> |
| 2.4.2.1 | <p>MERCURIO INS REPORT 2010_2011- SIVIGILA. (Annex II pages 1 and 8)</p> <p>According to SIVIGILA, during 2010 and the first semester of 2011, there were 201 cases of Mercury poisoning in Colombia, 134 cases in 2010 and 67 cases in the first semester of 2011. 96% of the cases were of occupational or accidental origin as follows: 85% (n = 171) occupational, 11% (n = 22) accidental.</p> <p>SURVEILLANCE AND CONTROL PROTOCOL OF ACUTE MERCURY POISONING. (Annex III pages 2, 15 and 16)</p> <p>Mercury is a toxic substance, when entering the human body produces disorders, mainly at the central nervous system level. The presence of Mercury in the air, water, soil and food (mainly fish) (1) in concentrations above the allowed limit has caused a serious public health problem in the country. Regions such as the Northeast of Antioquia, the South of Bolívar, Chocó, Santander, Nariño, Caldas, Vaupés, among others, carry out artisanal gold mining and for the final extraction of this precious metal Mercury is used. Its use occurs in an indiscriminate and poorly controlled way, a situation that has caused environmental contamination and has affected people's health. Exposure to Mercury is also increased in industrial areas that use this substance.</p> <p>Mercury contamination in Colombia is originated in the gold benefit processes in which the mineral containing the precious metal is extracted by joining with the Mercury, forming the amalgam; during this process, Mercury spills into water bodies and the environment. Subsequently, the amalgam obtained is burned in the open air, leaving the gold and releasing the toxic Mercury vapors into the atmosphere. All these activities are performed very close to the miners' households, in such a way that families breathe a large part of the volatilized Mercury vapor. Even remote populations can be affected by the mobilization of this substance.</p> <p>Chronic Mercury poisoning worries the scientific community due to the neurotoxic alterations, which initially manifest as subtle changes in the individual's behavior. This has become a challenge for medical personnel (Maizlish, 1994; Powell, 2000), and even if poisoning is not suspected, may lead to irreversible neurological damage, leaving disabling sequelae (Mergler, 2002). Studies carried out in exposed populations (occupational and general population) to Mercury have made it possible to establish its relationship in the development of these manifestations (Fawer et al 1983, Piikivi 1989, Marh et al 1987).</p> <p>The neuroepidemiological and toxicological study of the Suratá river pollutants carried out in the mining population of that region (Santander, 1992) raised the possible relationship of chronic exposure to Mercury with the presence of neurological diseases (15). Tirado et al (2000) suggest that this form of exposure can cause neuropsychological and behavioral deficits in the population (16). In 1995, Olivero et al reported that the inhabitants of southern Bolívar presented signs of Mercury intoxication such as hand tremors, neurological disorders and visual problems, among others. In this region, frequent cases of congenital malformations have also been reported, although without evidence of association with Mercury exposure.</p> <p>SCIENTIFIC, REGULATORY AND TECHNICAL EVIDENCE ON THE MERCURY PROBLEM AT THE NATIONAL AND INTERNATIONAL LEVEL OF THE HEALTH SECTOR AND OTHER RELATED SECTORS - ASSOCIATION AGREEMENT NO. 447 OF 2012 SIGNED BETWEEN THE MINISTRY OF HEALTH AND SOCIAL PROTECTION</p> |

AND THE FOUNDATION FOR EDUCATION AND SOCIAL DEVELOPMENT - FES. (Annex IV pages 34, 48, 105, 106, 142, 143, 146, 147)

Mercury is currently used in products such as thimerosal-containing vaccines; skin lightening creams, thermometers, batteries, occupational uses such as dental amalgams, and gold extraction (page 34).

In conclusion, the reviewed studies in Colombia, have found inconsistent effects, possibly due to factors such as the population evaluated, habits, biomarker used, studied effects, or concentrations found; and have identified the consumption of fish or marine mammals as the main risk factor, been the most studied adverse health effect the neurological performance, especially motor skills. Regarding the results, there were not found differences with respect to age or gender, but it is possible to identify that the population with the highest risk are pregnant women due to the fetus susceptibility (page 48).

Investigations (pages 46, 47, 58)

On the Atlantic Coast, the study "Mercury on the Colombian Atlantic Coast: A limiting factor for development" makes a review of different investigations carried out in this part of the country, where the high concentrations of Mercury in fish and humans are highlighted. One of the most important conclusions is that the *yellow mojarra*, the *moncholo* and the *doncella* have concentrations above the limit allowed according to WHO (0.5 µg, 1991).

On the other hand, in the Colombian Orinoquia in 1999 a study was carried out with the purpose of establishing the levels of Mercury and the perception of risk in the Guainía gold mining population. Two groups were considered: 37 exposed people directly related to mining and 28 indirectly exposed, corresponding to family members and other local people. Such persons were surveyed to determine risk perception, and blood and hair samples were taken to establish the level of Mercury. It was found that the work environment is not adequate, and was classified as precarious in the study. Furthermore, there is a lack of knowledge of the ecological risk and inadequate knowledge regarding the health effects caused by exposure to Mercury. An average of 59.2 µg/L of Mercury was found in blood and 26.9 µg/g in hair for the mining population. On the other hand, in the population exposed to Mercury indirectly, average concentrations of 53.5 µg/L in blood and 22.86 µg/g in hair were found. In the comparison of the two groups, no statistically significant differences were found, reason why prevention and control programs should not be focused only on the mining population.

Regarding Antioquia, which is considered the most exposed department, different studies have been carried out, for example, in 2003 was published: "Measurement of Mercury concentrations and environmental controls in the burning of amalgam from mining", focused on gold trading workers and their surroundings. For this purpose, the concentrations of Mercury in the urine of workers and in the air of the places of sales and streets of Segovia were determined. Levels 14 times above average for industrial environments were found according to the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) where in 1994 the maximum concentration was set at 25 µg/m³. Mercury levels in the air of places of sales were between 192.2 and 679.28 µg/m³, in the streets between 315.97 and 416.1 µg/m³ and in the urine between 47 and 420 µg/m³.

Moreover, in 2009 a study was carried out in Cartagena, Colombia to determine the concentration of Mercury in canned tuna and was found that the concentrations of total Mercury in the tuna samples varied between 0.09 and 2.59 ppm (0.86 ± 0.09 ppm), 34% of the analyzed samples exceeded the maximum limit for Mercury established by Colombian legislation (1 ppm), and 59% of them exceeded the levels recommended by WHO (0.5 ppm). The results suggested that the consumption of canned tuna in the city of Cartagena represents a moderate risk for the general population in terms of exposure to Mercury. Moreover, vulnerable groups (children, pregnant women, people with cardiac problems, and those seeking dietary and cardiovascular benefits) should limit their consumption, since the risk is high for these groups.

Additionally, other studies in Colombia have also shown that in the sites where mining is carried out fish with high concentrations of Mercury can be found. In 2009, a study was carried out in the Ciénaga de Ayapel and in the San Pedro river, an area that has extensive nickel mining and gold mining. Mercury level measurements were made in fish and it was found that from a total of 45 fish species collected, 19 (42.2%) exceeded the maximum allowed concentration of 0.5 µg/g established by WHO as safe for human consumption. All of them were carnivorous species. However, to protect the vulnerable population (under 15 years of age, pregnant women and frequent consumers), the

same organization has established a limit of 0.2 µg/g, thus the number of specimens above this new limit increased to 36 (80%), including specimens of non-carnivorous species (93).

On the other hand, given that the consumption of fish is part of the cultural traditions of many communities, studies have been carried out with indigenous populations that have a high consumption of fish in order to estimate the concentrations of Mercury in fish and the population exposure.

Characterization of Mercury Poisonings (Pages 105-106)

As a result of the report from the Primary Data Generating Units (UPGD) to Notifying Units (UN) and District or Departmental Notifying Units (UND), the INS received the information and based on this, published the Bulletin of mercury poisoning in Colombia over 2007 - 2011 showing the results of the epidemiological surveillance of Mercury poisoning since the report began across the country (1791).

As relevant aspects, it is shown that during this period 450 cases were reported, and during 2009 the highest number of notifications were presented with 159 cases. The department of Antioquia notified 407 cases during the 5 years study, been the main notifier, this trend was maintained during all the reviewing years, where Antioquia annually reported more than 90% of the national total cases (179).

Of the total of cases in the studied period, 85.55% correspond to men and 94.67% required hospitalization; the highest number of notifications were in the age group of 20 to 49 years, within this range the subgroups of 40 at 44 years and 45 to 49 years old presented the same percentage (14.67%) and the group from 25 to 29 years old 13.56%, which allows to deduce a relationship between intoxication and occupational activity (179).

The 79.33% of the poisoning cases were caused by respiratory route, 9.56% by oral route and 6.89% by the skin. Given this, it can be affirmed that Mercury poisoning in the country is associated with the inhalation of metallic mercury vapors, a product of the burning of amalgam to obtain gold and given the form of exposure that is permanent and at variable concentrations, the intoxication is predominantly chronic, with infrequent acute intoxication, but acutening of chronic symptoms due to the exposure to an unusual concentration of the pollutant occurred with same frequency (179).

Occupational exposure is the most frequent with 88.4% of reported cases, where mining and stonemason occupations are the ones with the highest number of cases (267) associated with the use of Mercury as an input for gold mining (179).

The most relevant conclusions indicate that the most frequent notifiers during the period were Antioquia, followed by Bogotá, Bolívar, Risaralda, Santander and Valle del Cauca. The highest percentage of intoxications reported were occupational, been respiratory the most frequent route of exposure, and according to the analysis by occupation, the highest number of intoxicated were miners or stonemasons (179).

In the technical meetings held by the FES foundation, it was also identified that there are some population groups that deserve special attention in relation to exposure to Mercury, since they have a greater probability of exposure to dangerous levels, or because carriers of disease, the intoxication effects can be exacerbated (53). These groups are:

- Workers exposed to Mercury
- General population next to sources of Mercury contamination (mines, industries)
- Populations in areas contaminated by Mercury, especially indigenous and riverine, whose main source of proteins is fish
- People using Mercury medications for a long time
- People with central nervous system diseases, patients with chronic kidney and broncopulmonary failure
- Pregnant women and toddlers

¹This Bulletin was issued in 2012 and officially published in 2013. For further information please visit: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2923/%5B32%5D%20Vigilancia%20epidemiol%C3%B3gica%20de%20la%20intoxicaci%C3%B3n%20por%20mercurio%20Colombia%202007%20a%202011.pdf?sequence=38&isAllowed=y>

In addition, the emphasis was on pregnant women, lactating women and children who have certain characteristics that, combined with the characteristics of Mercury, make them the most vulnerable population groups.

Results of Studies in Colombia (pages 142, 143,144, 145, 146 and 147):

Year 1991:

Neuro epidemiological and neuro toxicological study of a mining population with chronic exposure to Mercury. Objective: To determine if chronic environmental exposure to Mercury is a risk factor for neurological diseases in the mining population of the Suratá river (Santander). Target population: Exposed - Miners, relatives and neighbors. Not exposed - General population. Suratá, Santander-Colombia. Results: Mercury concentrations in blood did not exceed the average standard, however, there were statistically significant differences between exposed and unexposed. In untreated water, the average was greatly exceeded in those exposed. The prevalence of events is higher in the exposed group; however, there are no statistically significant differences. An association was found between blood levels and extrapyramidal diseases and migraine.

Year 1995:

Study "Mercury in hair of different occupational groups in a gold mining area in the North of Colombia". Objective: To determine the magnitude of Mercury contamination in the population of the South of Bolívar according to their occupation and the incidence on their health. Study population: 219 inhabitants of southern Bolívar and 27 people from Cartagena as a control group. Results: Differences were found in the concentration of Mercury in hair according to occupation as follows: fishermen (5.23 + -5.78) > miners (2.83 + -3.27)> other activities (2.40 + -2 .02)> control group (1.33 + -0.74); fishermen data was statistically significant with the rest. There are no differences by sex and age.

Year 2000:

Study "Neuropsychological alterations due to occupational exposure to mercury vapors in El Bagre (Antioquia, Colombia)". Objective: To determine if the miners of El Bagre (Antioquia, Colombia) have neuropsychological and/or behavioral disorders as a result of occupational exposure to toxic mercury vapor. Study population: Cases: 22 healthy men occupationally exposed for more than three years. Controls: 22 healthy men not exposed to Mercury with age and education-matched. Results: In the group of cases, effects were found in intellectual damage (alteration of some neuropsychological functions), emotional (anxiety and depression) and neurological (amnesia, insomnia and tremor of the tongue) changes, with statistically significant differences than the control group, in which no effects were observed. There are no differences in all the tests.

Year 2001:

Study "Mercury levels and perception of risk in a gold mining population of Guainía (Colombian Orinoquia)". Objective: To determine the levels of mercury in hair scalp and blood in a mining population of the department of Guainía and the perception of risk that this population has when using this element. Study population: 78 residents of the region related to mining, which consumed fish and water. The analysis divided exposed groups: individuals directly involved in mining activities and another group indirectly exposed to family members or people who carried out other activities in the village. Results: Mercury concentrations of 59.16 µg/l were found in blood on average (6.9-168) and in hair scalp of 26.93 µg/g (3.0-89.2) in miners, while in indirectly exposed population levels were lower, although no statistically significant differences 53.5 and 22.86 in blood and hair respectively. It is evident that they pollute the ecosystem, possibly due to deficits in the work environment and the lack of knowledge of the ecological risk; and have inadequate knowledge of the metal even though they perceive the risk.

Study: "Diagnosis of Mercury levels in employees and students of the Faculty of Dentistry, University of Antioquia, 1999". Objective: To determine the existence of biological Mercury poisoning by quantifying the element in 24-hour urine samples in dentistry students and professors. Study population: workers and students at the Faculty of Dentistry of the University of Antioquia, and comparison with the biological index of exposure. Results: The 192 samples presented concentrations below 30 mg (intoxication) and 1.6% (3) had levels \geq 15mg, which is the limit value for the occupationally exposed population. The highest concentrations are in students and teachers (6.04). There is a significant positive correlation between the exposure time (academic

semester and the Mercury concentration. Negative correlation at the level of teachers and graduation time).

Year 2003:

The study "Mercury in the Colombian Atlantic Coast: Limiting factor of development" makes a review of different studies carried out in this part of the country, where high concentrations of Mercury in fish and humans are evidenced. One of the most important conclusions established that the population with the highest concentrations of Mercury are the fishermen, followed by the miners. The reviewed studies found that exposure to Mercury is associated with the following effects: headache, nausea, oral lesions, metallic taste, memory loss and irritability, intellectual damage, emotional changes (depression and anxiety), neurological disorders, amnesia, insomnia and tremor of the tongue in miners.

Year 2004:

Study "Management of dental amalgam in small and medium dental studios in Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta and Bello". Objective: To characterize the occupational variables, the management of Mercury and amalgam residues in small and medium dental studios in Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta and Bello. Studied population: Dentists and studios with at least one and less than seven chairs and where dental amalgam was used (800). Results: Training of dental personnel to carry out safe practices. Occupational: 46% have not been tested in the last 5 years, of these 4% had levels above normal, although not at levels of intoxication. 86% of those surveyed refer to following a protocol, although it is found not to be true. They report no symptoms.

Year 2006:

Study "Determination of neuro-behavioral alterations in adults chronically exposed to Mercury in the population of the municipality of Segovia, Antioquia, 2005". Objective: To establish the prevalence of neuro-behavioral alterations in people chronically exposed to Mercury in the municipality of Segovia, Antioquia. Study population: 860 people over 15 years old, miners or not from Segovia, Antioquia. Results: 15.2% of the evaluated people had mercury concentrations in hair $\geq 5 \mu\text{g/g}$. The prevalence of symptoms is high in this population. Subjective: 9.5-44.5; Neuropsychiatric: 10.3-63.5; are lower in the group of people with Mercury levels $\geq 5 \mu\text{g/g}$, however there are no significant differences, which suggests that tolerance has been generated.

Year 2007:

Study "Finding of Mercury in fish from the Ayapel swamp, Córdoba, Colombia". Objective: To determine the total mercury (Hg-T) concentrations in some species of fish from the Ciénaga de Ayapel (Colombia). Study population: Six samples of the following fish: Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), Pintao catfish (*Pseudoplatystoma fasciatum*), Yellow mojarra (*Caquetaia kraussi*), Tilefish (*Sorubim cuspicaudus*), Moncholo (*Hoplias malabaricus*), Pacora (*Plagioscion surcellainamensis*), Maiden (*Ageneiosus caucanus*) and Liseta (*Leporinus muyscoruma*). Results: The average levels of Hg-Ten in the evaluated fish was 0.288 ± 0.145 , in carnivores it was 0.246 and in non-carnivores 0.184 , which did not exceed the limit for human consumption established by WHO. However, the risk can be increased by the consumption of 0.12 kg of fish, mainly *Ageneiosus caucanus* or "Maiden", which had the highest concentration ($0.504 \pm 0.103 \text{ mg Hg/kg}$). In dry season the concentrations are higher except for Doncella, Bocachico and Liseta. These last two would be the only ones suitable for human consumption according to WHO.

Study "Humans and crabs exposed to Mercury on the Atlantic Coast of Colombia: Impact of an abandoned chlor-alkali factory". Objective: To establish the impact of mercury in contaminated sediments on the ecosystem in the Bay of Cartagena. Study population: Inhabitants of fishing communities between 6-85 years old and crabs (*Callinectes sapidus* and *Callinectes bocourti*) along the Caribbean coast (Coveñas-Tasajera). Results: Total Mercury concentrations found in hair were $0.1\text{-}21.8 \mu\text{g/m}^3$, with average of 1.52 ; this was measured in different places where the highest values were from the residents of Caño del Oro (1.4), followed by Bocachica (1.2), Lomarena (0.7) and Tasajera (0.7), and there were significant differences. A similar trend was observed in crabs and the highest values were in those collected next to the abandoned chlor-alkali factory. It shows that contaminated sediments continue to impact the delivery system of Mercury in the food chain.

Year 2008:

Study "Behavioral and personality alterations due to occupational exposure to Mercury in a group of gold miners from the Bagre Antioquia region". Objective: To evaluate behavioral and personality

alterations in 25 people occupationally exposed to contamination and/or intoxication by metallic Mercury in the municipality of El Bagre. Study population: 25 inhabitants of El Bagre, occupationally exposed, ages: 20 to 55 years. Results: Suggests that exposure to mercury generates behavioral and personality alterations.

Year 2009:

Study "Contamination by heavy metals in the Muña reservoir and its relationship with blood levels of Lead, Mercury and Cadmium and health alterations in the inhabitants of the municipality of Sibaté (Cundinamarca) 2007". Objective: To describe the relationship between blood levels, population health conditions, and heavy metal contamination in the Muña reservoir. Study Population: Population of Sibaté, Cundinamarca, ages: 10 to 49 years. Results: The greatest exposure to metals is from the consumption of fruits, vegetables, meat and milk grown near the reservoir; the consumption of fish is low. The most frequent symptoms related to Hg were: headache, mood disorders, feeling dizzy and hands tingling, among others. The average Hg in blood was 4.06 ug/L (1.7-13.5). No participant had levels above the average, although in 47.1% of them were found low concentrations.

Study "Risk in the management of dental amalgam in medium and small dental clinics in the department of Antioquia, Colombia". Objective: Describe and characterize the activities related to the management of Mercury, amalgam and its residues in 107 clinics that provide oral health services. Study population: Clinics that provide oral health services, classified between medium and small (with less than five chairs or dental units in the same workplace). Results: 46% of the entities have high or very high risk. People who have had abnormal levels have not received any treatment. Ignorance is evident, thus academic institutions recommend implementing comprehensive and safe methodological actions in the short term to reduce the risk for staff, patients and the ecosystem.

Year 2010:

Study "Mercury contamination in humans and fish in the municipality of Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009". Objective: To evaluate the concentrations of total Mercury in hair scalp of inhabitants of the municipality of Ayapel (Córdoba) and in fish caught in the Ayapel swamp. Study population: 112 riverian residents of the Ayapel swamp over 14 years of age (hair) and 45 fish (muscle tissue). Results: Concentrations in people (2.18 + -1.77) above EPA recommendations in the study group, but in the control it was below the standard. The most prevalent symptoms were headache, lack of energy, and irritability. In fish the highest levels are found in *Sorabin cuspidatus* (0.74 + -0.19). Showing evidence between fish consumption and health effects.

Study "Detection of heavy metals in cattle, in the valleys of Sinú and San Jorge rivers, department of Córdoba, Colombia". Objective; To evaluate the presence of heavy metals (Pb, Cu, Cd and Hg) in the liver and right pectoral muscle of bovine, from farms in the Sinú and San Jorge area. Study population: Male, adult, mixed-breed zebu cattle, between 2 and 7 years old. Results: The concentrations of Mercury and other metals (except copper) did not exceed the European and Mexican standards. The highest concentrations come from the cattle of San Jorge and the control group, although there are no significant differences. The registered values do not represent a risk to human health.

Year 2011:

Study "Neuropsychological alterations in schoolchildren in a municipality with high levels of environmental Mercury vapor, Colombia, 2008-2009". Objective: To establish the prevalence of neuropsychological alterations in language, memory, executive functions and attention of schoolchildren between the second grade of primary school and the ninth grade of high school in the municipality of Segovia, Antioquia. Study population: 196 students from second grade to ninth year of high school in the municipality of Segovia, Antioquia. Results: 79.6% of schoolchildren present alterations in language comprehension, 77.6% in executive functions, 52.6% in visual attention, 43.9% in verbal fluency, 38.8% in short-term verbal memory and 31.1% long-term. Such percentages generate an alarm and indicate the need of intervention.

Study "Evaluation of the concentration of Mercury in various brands of canned tuna marketed in the city of Cartagena de Indias." Objective: To determine the concentrations of Mercury present in four brands of canned tuna in water, marketed in the city of Cartagena de Indias, evaluating their compliance with current national and international sanitary standards. Study population: four brands of tuna (three national and one imported), 41 samples. Results: 34% of the samples exceeded the

Colombian legislation (1ppm) and 59%, WHO recommended parameter (0.5ppm). The can of imported tuna has lower levels with statistically significant differences.

Study "Determination of Mercury levels in the air of dental studios and clinics in Cartagena Colombia". Objective: To determine the levels of mercury in the air of dental studios and clinics in the city of Cartagena, Colombia. Results: 51% of the clinics had levels above those recommended by the EPA (300 µg/m³), finding an average concentration of 1206 + -142 in air. In spittoons, 59% exceeded the standard 2538 + -879. 51% of the cabinets exceeded the standard, finding an average of 2116 ± 1551 µg/m³, the concentration in the cabinets reached 11394 ± 13.9 when patients were present.

DIAGNOSIS OF NATIONAL ENVIRONMENTAL HEALTH (Annex VI)

Natural sources of Mercurio in Colombia (page 235)

A Mercury deposit of volcanic origin is found in the department of Caldas, municipality of Aranzazu, which was discovered approximately in the fourth decade of the 20th century (INGEOMINAS, 1958). The first and only national Mercury mine called "La Nueva Esperanza" mine was deployed in this region. In 1960, Ingeominas publications reported a reserve in the region of 35,000 pounds of the metal (INGEOMINAS, 1960), with an approximate annual production of 2,700 and 7,500 pounds of Mercury for the years 1955 and 1957, respectively (INGEOMINAS, 1958). These figures apparently increased in the following years. Due to its exclusivity and high productivity, the deposit received great attention from the authorities in charge of monitoring the mining sector at the time. During a technical visit to the mine, the optimization of the facilities, the use of closed methods, and the relocation of workers' homes were recommended in order to reduce exposure to Mercury, INGEOMINAS report March 1960. The previously mentioned confirms the imminent risk for the workers of the organization identified since that year, as well as the search for alternatives that would mitigate the said risk and therefore promote safe operations in the mine.

In 1977 the mine was closed due to health alterations detected in the workers of this area, associated with occupational exposure to Mercury (Escobar, 2006). After the closure of the mine, in a study published in 1979, sediment, soil and rock samples were evaluated considering the territory where the mine operated and an area close by, finding abnormal concentrations of Mercury in an extension of 1 Km by 25 (Vesga and Prez, 1979).

Studies in humans (pages 243-245)

In Colombia, Mercury measurements have been made in humans, mainly in workers and communities surrounding mining activities or adjacent to riverine areas. An interesting information comes from a study where pre-Hispanic samples were analyzed, corresponding to the Mesa de los Santos area in Santander, where Mercury levels in hair were detected below 0.3 µg/g (Idrovo et al, 2002); These values can be used as a baseline time reference for future studies in the country. In contrast, today levels up to 76 (Olivero et al, 2008a) and 256 times higher (Idrovo et al, 2001) are detected. The above clearly indicates an increase in Mercury levels in human samples, suggesting a relationship between human exposure to Mercury with the industrialization and development processes in recent times.

Table 5.9. Mercury values in hair scalp and blood samples in Colombia.

Note Source: Adaptation made by the author.

* Data was obtained from the studies corresponding to the following authors: Olivero et al, 1995; Idrovo et al, 2001; Olivero et al, 2002; Olivero et al, 2008a.

Health effects of Mercury (pages 245- 247)

In Colombia, the neurological effects of Mercury have been mainly described. In the routine information reporting systems on health services and the national epidemiological surveillance system, cases of acute Mercury poisoning are mandatory. It is striking that despite the high exposure to the metal detected in different regions of the country, for 2010 only two acute metal poisonings were reported, one of which corresponded to mercury (SIVIGILA, 2010). In addition, most of the detectable cases of intoxication may correspond to chronic intoxication events that go unnoticed within the system, since these are not immediately notified.

5.2.4.1. Neurological effects. The neuroepidemiological study of the Suratá River, near the Vetas-California mining district, Santander, found chronic Mercury poisoning in the population of this area

associated with the presence of extrapyramidal alterations in the exposed group (Pradilla, 1992). Such alterations mainly consist of tremor, dystonia and coordination disorders, among others.

In another study developed in a mining population, the neurological symptoms developed between the working population and another unexposed population were compared; in this case, a significant increase of neuropsychological symptoms and behavioral alterations was found in the exposed group (Tirado et al, 2000).

On the other hand, a study carried out in Segovia, Antioquia, in 2005 found a significant association between elevated levels of Methylmercury and the presence of neurological symptoms such as fine tremor in the eyelids and lips; the most frequent neurological findings in this group were tremor 11.5% followed by a positive Romberg's sign, in 5.7% of the cases, consisting in the inability of maintaining balance while the individual stands upright keeping the feet together, eyes closed and arms in front, (Cote M, 2006). Because Segovia is an area with high exposure to Mercury, multiple intervention and improvement strategies have been developed by public and private entities, in order to increase the knowledge of the community and workers in issues and good practices of the use of Mercury, as well as efficient alternatives. Six years after the mentioned study, another investigation was carried out in the region, emphasizing the perception of risk, in which 96.4% of the individuals participating in the investigation considered that Mercury was a harmful element for health.

Those people who had a health dossier of toxic effects of Mercury had a greater perception of risk and greater use of protective measures, 58.9% 246 used gloves, 30.4% a mask, and 60.7% used mercury recyclers. It is striking that despite all the aforementioned, around 50% of the sample studied did not previously receive training in good practices related to the use of Mercury in mining (García et al, 2011). When conducting an evaluation of the symptoms that the population self-reported as secondary effects of exposure to Mercury in Segovia, it was found that the main symptoms were tremors, decreased visual acuity, headache, and memory loss, in this order. (García et al, 2011).

However, Segovia, like most mining districts, has a social, political and cultural scenario that generates different barriers to effective communication between the community and the territorial and health authorities, therefore, the measures given by the authorities public health and government policies are not easily adopted by the mining population.

A research with an anthropological and social approach determined the disagreement of the mining union with regard to the norms imposed from the public sphere, since they feel that they have been developed without their participation, based on scientific research and without taking into account the role of the mining community (Aguilar, 2009). This scenario is easily extrapolated to other mining contexts, where the process of adopting appropriate practices from an environmental and sanitary point of view by the mining community has been frustrated.

Another research carried out in Puerto Berrio, Antioquia, focused on evaluating the neurological and ototoxic effects of Mercury in the context of artisanal mining, compared the clinical findings of the mining population with individuals working in limestone mining; the first group presented neuropsychotoxic alterations in 16% of the cases vs 1.25% in the second group. In addition, a positive and significant relationship was determined between exposure time and mining seniority, with hearing impairments (Ocampo et al, 2004).

5.2.4.2. Other effects. A single study carried out in the country in 1996 has evaluated obstetric events related to exposure to Mercury in gold mining. The prevalence of congenital malformations was 0.56%, abortions 6.2% and perinatal death in 3.4% (Alzate, 1996). When comparing the data obtained in the population exposed to Mercury with the statistics on the prevalence of congenital malformations in the general population, it was found very similar values (prevalence between 1.80% and 3.12% in the general population) (Zarante et al. 2010). This last study takes into account sentinel centers for congenital malformations; therefore, the data obtained may overestimate the prevalence of the general population and not be comparable with the study of the mining population.

On the other hand, an investigation carried out at the beginning of the 90's, tried to evaluate the ocular effects of exposure to Mercury in miners. It is a topic little explored worldwide and most research has been directed to evaluating the effects of Methylmercury, considering alterations such as progressive decrease in visual acuity, alteration of night vision, color discrimination, among others (Collins et al, 247 2007). However, a study carried out in workers exposed to total Mercury vapors also found a subclinical reduction in color discrimination (Urban et al, 2003).

| | |
|---------|--|
| | <p>The Colombian study reported an association between subtle changes between perimetry and the reduction in visual acuity with seniority in mining, although these changes were not adjusted for age. A smaller proportion of 10% of the sample presented abnormal values of Mercury in urine, the previous was not associated with visual alterations; palpebral tremor was reported in 50% of the study population, positively associated with the frequency of daily exposure to mining work (De los Ríos, 1991).</p> <p>CONGRESS GAZETTE NO. 156, 2011 (Annex VII – page 1 and 2)</p> <p>Mercury is a powerful neurotoxin from a naturally occurring heavy metal, capricious and difficult to work with. At room temperature and pressure, it is a silvery-white liquid that evaporates rapidly. The most common form of human exposure to this metal occurs through two routes: a) Occupational, in which there is inhalation of inorganic Mercury vapor from the burning of amalgam or the gold smelting; It is also caused by spills, by manipulation in the sale or during the process of manufacturing medical devices or the use in the process called amalgamation in mining. b) The ingestion of Methylmercury (MeHg) through the diet, especially the consumption of contaminated fish.</p> <p>In mining, Mercury is widely used by small and artisanal mining, which uses it to recover gold, but due to the way used, most of it is discharged into rivers; this is how Mercury is transformed into Methylmercury when settling in aquatic environments; the ingestion of this compound affects the nervous system, the kidneys and the liver, causing mental disorders and damage to the motor and reproductive systems, speech, vision and hearing. It is especially worrying because it prevents the neurological development of fetuses, infants and children. When a woman consumes fish or shellfish that contain Mercury, it accumulates in her tissues and takes several years to be excreted; and if during this period becomes pregnant, the fetus will be exposed to Methylmercury inside the uterus, which can negatively affect over the time the growth of brain and nervous system, with alterations in cognitive thinking, memory, attention, language, fine motor skills, and visual spaces in such creatures.</p> <p>Mercury ingestion has been widely shown to damage respiratory system, kidney, and motoria function; its toxicity is so high that even with very low exposure levels serious damage to the nervous system can be caused. In addition, environmental pollution generated in water, soil, air and the detriment of the quality of life is added; as well as the ever growing challenges imposed by the green and sustainable markets for the commercialization of these products.</p> <p>Expected effect of the final regulatory action:</p> <p>Reduce occupational and environmental exposure to Mercury in humans.</p> |
| 2.4.2.2 | <p>PROTOCOL FOR THE SURVEILLANCE AND CONTROL OF ACUTE POISONING BY MERCURY (Annex III pages 2, 15 and 16)</p> <p>The presence of mercury in the air, water, soil and food (mainly fish) (1) in concentrations above the permitted limits has caused a serious public health issue in the country. Regions such as Northeast Antioquia, South Bolívar, Chocó, Santander, Nariño, Caldas, Vaupés, among others, carry out artisanal gold mining and Mercury is used for the final extraction of this precious metal. Its use occurs in an indiscriminate and poorly controlled way, a situation that has caused environmental contamination and has affected people's health. Exposure to Mercury is also increased in industrial areas that use this substance</p> <p>Mercury contamination in Colombia is originated in the gold benefit processes in which the mineral containing the precious metal is extracted by joining with the Mercury, forming the amalgam; during this process, Mercury spills into water bodies and the environment. Subsequently, the amalgam obtained is burned in the open air, separating the gold and releasing the toxic Mercury vapors into the atmosphere. All these activities are carried out very close to the miners' homes, in such a way that families breathe a large part of the volatilized Mercury vapor. Even remote populations can be affected by the mobilization of this substance.</p> <p>Although in Colombia the main source of contamination comes from the gold beneficiation process, the presence of Mercury as a contaminant was made known for the first time in the country in 1976 in a study performed by the Cartagena Bay Environmental Protection Committee (COPAC) which evidenced the presence of Mercury in shellfish, fish, water and sediments (Mercury levels of 32 ppm) due to the Mercury waste discharged from the electrolytic alkali plant in Colombia.</p> |

SCIENTIFIC, REGULATORY AND TECHNICAL EVIDENCE ON THE MERCURY PROBLEM AT THE NATIONAL AND INTERNATIONAL LEVEL OF THE HEALTH SECTOR AND OTHER RELATED SECTORS - ASSOCIATION AGREEMENT NO. 447 OF 2012 SIGNED BETWEEN THE MINISTRY OF HEALTH AND SOCIAL PROTECTION AND THE FOUNDATION FOR EDUCATION AND SOCIAL DEVELOPMENT - FES. (Annex IV pages 35, 46,47, 57, 58, 81, 82, 143, 144, 145 and 146)

According to the report prepared by Columbia University for the United Nations Organization for Industrial Development UNIDO in 2010, Colombia ranks as the country with the highest per capita Mercury contamination from artisanal gold mining as a result of such activity. This report shows that Mercury concentrations in air exceed by 1,000 times the chronic exposure limits in Antioquia, specifically in Segovia, Remedios, Zaragoza, El Bagre and Nechí. Despite this, the methodology used for the measurement must be critically evaluated, and afterwards comparison must be performed considering both results. (Page 35)

Studies (page 57)

In a review carried out in 2006 in freshwater fish in Colombia, it is indicated that according to the studies carried out to determine Mercury concentrations, there is a direct relation between high concentrations in fish and the proximity to areas with direct influence of dumping of gold mining waters, with critical values found in the region of La Mojana and the northeastern zone of Antioquia, where almost all the samples presented values higher than the standard of 0.5 µg/g of Mercury. The highest Mercury concentrations were found in carnivorous species such as Moncholo (*Hoplias malabaricus*), Maiden (*Ageneiosus caucanus*) and Mojarra (*Caquetaiakaussi*) that are found in the upper part of the food chain. However, high levels were also found in detritivorous species such as Arenca (*Triportheus magdalenae*) that present a considerable accumulation of the metal due to the way in which these species obtain their food from sediments, which present high levels of Mercury.

Research results in Colombia (pages 143, 144, 145 and 146)

Year 2006:

Study "State of knowledge of concentrations of Mercury and other heavy metals in freshwater fish from Colombia". Objective: To verify the effects of aquatic contamination with freshwater organisms and the evaluation of at least three parameters (heavy metals, temperature, effluents), using eight species of fish. Study population: Colombia, Species: *Carassius auratus*, *Oreochromis* spp., *Piractus brachypomus*, *Prochilodus magdalenae*, *Astyanax fasciatus*, *Colossoma bidens*, *Gambusia affinis* and *Grundulus bogotensi*. Results: Río Magdalena and its tributaries (Mojana) is the place where the contamination of fish in Colombia has been studied. The relation between the high concentrations in fish and the proximity to the direct influence of gold mining is evidenced. Critical values were found in La Mojana and Northeast Antioquia and high concentrations in carnivorous fish (*Hoplias malabaricus*, *Ageneiosus caucanus* and *Caquetaia kausi*).

Study "Measurement of mercury concentrations and environmental controls in the burning of amalgam from mining". Study population: Sales workers in Antioquia. Results: Levels 14 times above the standard. In sales: 192.2-679.28 mg/m³, in the streets: 315.97-416.1 and in urine: 47-420.

Year 2007:

Study "Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: The most expensive per capita contamination in the world." Objective: Obtaining information about the gold production methods and ways of releasing Mercury to the environment in the municipalities of Segovia, Remedios, Zaragoza, El Bagre and Nechí. Results: In 2009, 11 companies legally imported 130 tons of metallic Mercury. In Segovia, Remedios, Zaragoza el Bagre and Nechí there are 323 establishments producing between 10 and 20 tons of gold. Taking into account the average amount of Mercury consumed according to the balance sheet and the interviews of the plant owners, the estimated amount of mercury in these plants corresponds to 93 tons. Concentrations in urban air range between 300 (background) and 1 million ng/m³ (inside gold shops), in residential areas the most common concentration is 10,000 ng/m³, when the occupational limit according to WHO is 1000 ng/m³. The total release/emission of Mercury in Colombia can reach 150 tons/yr, giving the country the dishonorable position of the first country in the world with the highest per capita mercury pollution from artisanal mining. It is required: Urgent government intervention to eradicate

the supply of mercury to businesses, plants/businesses must be removed from urban centers, technology improved, and emissions reduced through technical assistance.

Study "Distribution of Mercury in different environmental components in an aquatic ecosystem impacted by gold mining in northern Colombia." Objective: To determine the levels of Hg in different environmental matrices in this ecosystem and to evaluate the changes in the distribution of Hg throughout different sampling sites and stations, environmental assessment and human exposure. Target Population: Humans, Sediments, Water, Plankton, Fish, and Seston. Results: T-Hg levels were found in water, sediments, seston, phytoplankton and zooplankton: 0.33, 0.71, 1.20, 0.52, 0.94 respectively. The highest values were found in the dry season. Differences were found according to trophic position.

Year 2008:

Study "Contribution of locative and environmental conditions to the risk of Mercury contamination in dental entities in Antioquia." Objective: To describe the locative and environmental conditions in 30 large dental entities in the department of Antioquia. Target population: 30 dental entities (85% of the population) that had five or more dental chairs or units in the same workplace. Results: Not all large entities provide services in adequate facilities or make good management of environmental variables. In 97% of the entities there is a latent risk of mercury contamination. Spills have occurred in 37% of the sites.

Year 2012:

Study "Mercury concentrations in muscle and liver tissue of fish collected along the Magdalena river, Colombia". Objective: To determine the concentration of total mercury in muscle and liver tissue in fish caught in the Magdalena river basin. Study population: 378 muscle and 102 liver samples. Results: The highest level of Mercury in muscle tissue was found in the non-carnivore *Pimelodus blochii*, however, the carnivorous group had higher concentrations with significant differences. There are no significant differences in total Mercury by species or genus.

Study "Concentrations of Methylmercury in six species of fish from two rivers of Colombia". Objective: To determine if the fish chosen in La Miel and Nechí rivers differ in the concentration of Methylmercury in the muscle. Study population: Six species of fish from two rivers (La Miel, Nechí): *Sorubim cuspicaudus*, *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, *Triportheus magdalanae*, *Pimelodus spp.*, *Prochilodus magdalena*, *Leporinus muyscoru*. Results: Fish from the market near to Nechí River had high levels of MeHg. Concentrations are highest in the Nechí river. Results suggest that pollution is not generalized in all river basins; highly contaminated fish reach the market in mining regions.

QUANTIFICATION OF ANTROPOGENIC MERCURY RELEASES IN COLOMBIA (Annex V. pages 67, 68, 69 81 and 82)

Regarding releases and emissions, the report on the quantification of anthropogenic releases of Mercury in Colombia contains the quantification of releases and emissions of Mercury generated in the productive and service sectors in 2009. Compared to total releases of Mercury, for the year 2009, this were 345,570 kg distributed as follows:

Table 44. Quantification of Mercury releases in Colombia for 2009

| Soil | Air | Water | Waste treatment from specific sectors /disposal | By-products and impurities | Waste in general |
|---------|--------|--------|---|----------------------------|------------------|
| 151,650 | 74,420 | 31,260 | 45,400 | 28,190 | 14,650 |

Both in Table 44 and in Figure 7, it is observed that the most affected environmental matrices are the soil and air, which receive 226,060 kg, and, within the production process, the treatment of waste and by-products and impurities, the phases where the highest amount of Mercury is released with 74,590 kg.

Figure 7. Distribution of Mercurio releases in the different matrices

According to the report, the largest Mercury emitting sources in the country correspond to the category "Primary production of metals", (194.97 Ton/year,) "Chemical products" including: production of chlor-alkali and vinyl chloride monomers (PVC), (97.60 Ton/year); waste disposal

and wastewater treatment (57.81 Ton/year); use and disposal of products containing Mercury corresponding to commercial activities that involve importing the products (thermometers, electrical switches, light sources, batteries) with 44,305 tons/year. The most affected medium is air, followed by soil and water. These releases come in a high percentage from the primary extraction of metals, mainly gold, as presented in the following table.

Table 11. Estimated Mercury releases by category

Categories:

- Primary metal production
- Chemical production
- Waste disposal/landfill and wastewater treatment
- Use and disposal of products with Mercury content
- Fuel production
- Other production materials
- Waste incineration
- Crematories and cemeteries
- Metal recycling production
- Production of products containing Mercury
- Energy consumption

Estimated Hg input, in Kg Hg/year

Estimated Hg releases, Kg Hg/year in:

- Air
- Water
- Soil
- By-products and impurities
- General waste
- Waste treatment/disposal, specific by sector

Additionally, this inventory highlights that Colombia produces lighting fixtures, but there are no official activity rate data to be able to quantify this subcategory. Manometers to measure blood pressure (mercury sphygmomanometer), contained in the category Use and disposal of products with Mercury content, were not taken into account in the inventory because these are not produced in the country and all units are imported and marketed. On the other hand, entry into the country is made under a tariff heading that covers many other products, making discrimination impossible for quantification purposes. The category of gold extraction with amalgamation and without the use of a retort is the activity that uses and releases the greatest amount of Mercury in the country, been the artisanal miners lack of knowledge, the deficiency in environmental controls and inadequate Mercury management the factors responsible for the situation. In addition to this, it should be noted that artisanal miners in the country believe that the greater the amount of Mercury used, the greater the recovery of gold.

NATIONAL ENVIRONMENTAL HEALTH DIAGNOSIS – Annex VI (pages 237-243)

Mercury exposure assessment

Following, Mercury concentrations in different environmental matrices are presented in maps, tables and graphs. For further information please see Annex VI.

Figura 5.3. Map of Mercurio levels in sediment, Colombia

Note Source: the author.

*Data obtained from studies of Sarmiento et al, 1999; Marrugo J et al, 2010; Alonso, 2000.

Table 5.5. Mercury evaluation (ng/ml) in river Cauca waters according to monitoring point 1995-2008

Note Source: Vásquez A. Evaluation by atomic absorption spectrometry of mercury in waters of the southern section of the Cauca River [Thesis]. Santiago de Cali, 2001.

Table 5.6. Analysis of total Mercury in sediments of Cauca River

Note Source: Rada MP. Study and evaluation of the degree of contamination by Cadmium, Mercury and Lead in waters, fish and sediments of the Rio Cauca by atomic absorption spectrometry [Thesis]. Santiago de Cali: Universidad de Valle, 1998.

Table 5.7. Mercury concentrations found in samples from Cauca River

Note Source: Correa WA. Speciation of Lead, Chromium and Cadmium with XAD-16 amberlite resin and quantification of Mercury in waters of the Cauca River in Santiago de Cali by atomic absorption spectrometry [Thesis]. Santiago de Cali, 2009.

Figure 5.4. Mercury concentrations in soils of Bucaramanga metropolitan area parks

Note Source: Muñoz FA. Determination of mercury in soils of Bucaramanga, using a prolizer coupled to a Mercury detector based on atomic absorption spectroscopy unlike Zeeman [Thesis]. Bucaramanga: Industrial University of Santander, 2006.

Table 5.8. Mercury concentration in fish in Colombia.

Note Source: Adaptation made by the author.

* Data have been extracted from studies of the following authors: Gracia et al, 2010; Olivero et al, 2009; Marrugo J et al 2007; Marrugo J et al, 2010; Marrugo J et al., 2008; Alonso et al, 2000; Álvarez et al, 2012.

** Total mercury was measured in all cases, except those indicated with ¥, in which Methylmercury was measured

CONGRESS GAZETTE NO. 156, 2011 (Annex VII – page 3)

Studies conducted by the Government of Antioquia in the municipalities of Segovia and Remedios, in the Northeast of the department, found a concentration of mercury of approximately 340 µg/m³ in the air (300 times higher than the guideline of the World Health Organization for public maximum exposure to vapor of Mercury). Approximately 26 to 6,118 ppm of Hg is discharged into rivers by miners in the region.

Additionally, the main food of these communities is fish, which has been shown to be affected by the emission of Mercury. Studies completed by Corantioquia, the University of Antioquia, and the University of Cartagena have revealed a concentration above 1.06 µg Hg/g in most of the species found in the rivers of the surrounding area.

Expected effect of the final regulatory action:

Reduce the anthropogenic releases and emissions of Mercury to the environment.

2.5.1

| | | |
|----------|--|-----------|
| Produced | Annual production between 2,700 and 7,500 pounds of Mercury | 1950-1957 |
| Imported | (This is the maximum import quota to import, according to Decree 1041 of 2018, which must be used exclusively for the production of dental amalgams) | |
| Exported | No relevant | |
| Utilised | Information not available | |

2.5.2

Mercury can be used in other countries to manufacture products with added Mercury and benefit of gold, mainly in developing countries.

2.5.3.1

Information not available.

| | |
|---------|---|
| 2.5.3.2 | Regarding the alternatives for eliminating the use of Mercury in mining, please refer to the “Sector Strategic Plan for the elimination of the use of Mercury”. <i>Information available in Annex XII.</i> |
| 2.5.3.4 | Single national mercury plan, version 2018, available at: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/plan-unico-mercurio.pdf Mercury plan for the health sector available at: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/plan-mercurio-sactor-salud-b.pdf |

[Imprime esta norma](#)

DIARIO OFICIAL. AÑO CXLIX. N. 48.852. 15, JULIO, 2013. PAG.6.

RESUMEN DE JURISPRUDENCIA [\[Mostrar\]](#)**LEY 1658 DE 2013**

(julio 15)

por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.

ESTADO DE VIGENCIA: [\[Mostrar\]](#)**Subtipo:** LEY ORDINARIA**El Congreso de Colombia****DECRETA:**

[\[volver\]](#) **Artículo 1°.** *Objeto.* A efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, regláméntese en todo el territorio nacional el uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, cualquiera que ellas sean.

[\[volver\]](#) **Artículo 2°.** *Acuerdos y convenios de cooperación internacional.* Se adoptará una política nacional en materia de salud, seguridad y medio ambiente para la reducción y eliminación del uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país donde se utilice dicha sustancia; para lo cual se podrán suscribir convenios, desarrollar programas y ejecutar proyectos de cooperación internacional con el fin de aprovechar la experiencia, la asesoría, la capacitación, la tecnología y los recursos humanos, financieros y técnicos de dichos organismos, para promover la reducción y eliminación del uso del mercurio.

[\[volver\]](#) **Artículo 3°.** *Reducción y eliminación del uso de mercurio.* Los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Minas y Energía; Salud y Protección Social y Trabajo, establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible, el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país.

Erradíquese el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a diez (10) años y para la minería en un plazo máximo de cinco (5) años. El Gobierno Nacional dispondrá de todos los instrumentos tecnológicos y las respectivas decisiones con los entes y organizaciones responsables del ambiente y el desarrollo sostenible.

El Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, con el apoyo de Colciencias liderarán el desarrollo, transferencia e implementación de procesos, estrategias y medidas de reducción y eliminación del uso del mercurio al interior de su sector con la participación de los actores destinatarios de la presente ley; para tal efecto promoverán que las instituciones de educación superior desarrollen actividades de formación, investigación y proyección social, en el marco de su autonomía, a través de convenios u otro tipo de iniciativas que se orienten hacia la consecución de estos objetivos.

En la medida en que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio en otras actividades industriales, corresponderá al Ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, basados en investigaciones realizadas por las diferentes instituciones de educación superior, las que promueva Colciencias o realice cualquier otro ente reconocido. En todo caso deberán protegerse los derechos de propiedad intelectual de acuerdo con la ley.

Las autoridades ambientales, urbanas, regionales y de desarrollo sostenible, así como las secretarías de salud y las direcciones territoriales de trabajo, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

[\[volver\]](#) **Artículo 4°.** *Registro de usuarios de mercurio.* El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentará en un término no mayor a seis (6) meses a partir de la promulgación de la presente ley, el establecimiento del Registro de Usuarios de Mercurio de manera gradual, comenzando por el sector minero del país. Este registro será implementado por las autoridades ambientales bajo el Registro Único Ambiental del Sistema de Información Ambiental que administra el Ideam en un plazo no mayor a dos (2) años después de expedirse la regulación correspondiente.

Parágrafo 1°. El Ministerio de Minas y Energía diseñará una estrategia para promover el registro de los usuarios del mercurio al interior de su sector y en la medida en que el registro sea obligatorio para otras actividades productivas, corresponderá al Ministerio del ramo promover al interior de su sector el cumplimiento de dicha obligación.

Parágrafo 2°. A partir de la implementación del Registro, las personas naturales y jurídicas que incumplan esta obligación deberán ser sancionadas. El Gobierno Nacional regulará la materia.

[volver] **Artículo 5°.** *Seguimiento y control a la importación y comercialización del mercurio.* El Ministerio de Comercio Industria y Turismo en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), en un término máximo de dos (2) años, establecerán medidas de control y restricción a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contengan y creará un Registro Único Nacional de Importadores y Comercializadores autorizados.

Las autoridades aduanera y policivas, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

[volver] **Artículo 6°.** *Producción más limpia en las diferentes actividades industriales y mineras.* En el periodo de cinco (5) años propuesto en el artículo 3° de esta ley, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y Colciencias con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las autoridades ambientales, promoverán con las diferentes instituciones de educación superior del país, el sector privado y demás entidades o actores, el desarrollo de convenios, proyectos y programas, para la implementación de estrategias de producción más limpia, para alcanzar la meta propuesta de eliminación del uso del mercurio.

[volver] **Artículo 7°.** *Alternativas limpias.* Colciencias fomentará la realización de investigaciones de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio, el desarrollo y aplicación de las mismas.

Los Ministerios de Minas y Energía; Comercio, Industria y Turismo; Educación y el SENA promoverán y desarrollarán en el marco de sus competencias la realización de programas de formación, capacitación, fortalecimiento empresarial y asistencia técnica, para la inserción de las tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productivos asociados, que requieren de la utilización del mercurio, pudiendo emplear como insumo los resultados de las investigaciones promovidas por Colciencias.

Para tal efecto se podrán realizar convenios con el sector privado, las instituciones de educación superior y las empresas de servicios públicos, para que desarrollen estos programas que se destinarán a la población objeto de esta ley, incluyendo la información respecto de los riesgos y afectaciones a la salud humana y al medio ambiente por la exposición al mercurio.

[volver] **Artículo 8°.** *Reglamentación.* El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con los demás ministerios competentes en especial los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Salud y Protección Social, Trabajo, Agricultura y Desarrollo Rural, Transporte y Comercio, Industria y Turismo, sectorialmente y en el marco de sus competencias, deberán suscribir un Plan Único Nacional de Mercurio y elaborarán sus reglamentos técnicos en el término máximo de un (1) año, una vez finalizado el término de reglamentación del registro establecido en el artículo 4° de la presente ley, para el desarrollo de las actividades relacionadas con cada una de las etapas del ciclo del mercurio como uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento o disposición final.

[volver] **Artículo 9°.** *Prohibición de nuevas plantas de beneficio de minerales preciosos y control de las existentes.* Se prohíbe la ubicación de nuevas plantas de beneficio de oro que usen mercurio y la quema de amalgama de mercurio y oro, en zonas de uso residencial, comercial, institucional o recreativo.

Parágrafo. Para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con el funcionamiento de las nuevas plantas de beneficio de oro, se requerirá por parte de la autoridad ambiental competente la respectiva licencia ambiental dado el deterioro grave que estas actividades generan al ambiente y a la salud.

En los casos de las plantas de beneficio de oro existentes al momento de la expedición de la presente ley y que se encuentren en las zonas de uso del suelo señaladas como prohibidas, tendrán un plazo máximo de tres (3) años para su reubicación a partir de la promulgación.

Para tal fin las autoridades municipales deberán definir las zonas de uso compatible para el desarrollo de esta actividad en los Planes de Ordenamiento Territorial, los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial o los Esquemas de Ordenamiento Territorial según sea el caso. Estas actividades también podrán ser realizadas en áreas cobijadas por títulos mineros debidamente inscritos en el Registro Nacional Minero que cuenten con autorización ambiental para su desarrollo.

No obstante lo anterior y mientras dure el proceso de reubicación de las mencionadas plantas, los titulares de las mismas deberán adoptar un plan de manejo ambiental y reducción de mercurio, el cual será reglamentado por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en un término no mayor de seis (6) meses a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, cuyo control y seguimiento estará a cargo de la autoridad ambiental del área de jurisdicción de la planta.

Con el fin de identificar las plantas de beneficio existentes antes de la promulgación de esta ley, que estén ubicadas en las zonas prohibidas, los alcaldes municipales junto con las autoridades ambientales, sanitarias y mineras realizarán un censo de las mismas en un término no mayor a un (1) año a partir de su entrada en vigencia, con el fin de diseñar e implementar un programa reubicación de las mismas de acuerdo con lo establecido en el presente artículo.

Una vez terminado el plazo previsto, los alcaldes, las autoridades ambientales y las demás autoridades competentes, procederán al cierre de las plantas de beneficio de oro que se encuentren en zonas prohibidas o que no cumplan con la normativa ambiental vigente.

[volver] **Artículo 10.** *Incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio en el sector minero.* A fin de lograr la reducción y posterior eliminación del uso de mercurio en el beneficio del mineral de oro, así como la reubicación de plantas de beneficio de oro existentes antes de la entrada en vigencia de la presente ley, y de posibilitar para la pequeña minería el desarrollo social y el incremento de la productividad y seguridad e higiene minero, se adelantarán programas de incentivos que incluyan:

a) Ofrecer por una única vez, y en un período de cinco (5 años) contados a partir de la promulgación de la presente ley, créditos blandos, a través del Banco Agrario y Finagro u otra agencia del Estado especializada, a los dueños de las plantas de beneficio de oro, para la reducción y eliminación del uso de mercurio y para la reubicación o traslado de dichas plantas a zonas compatibles con los planes de ordenamiento territorial. Igualmente ofrecer por el mismo período de tiempo a pequeños mineros auríferos, créditos blandos para financiar las adquisiciones necesarias para efectuar la reconversión y uso de nuevas tecnologías de extracción y beneficio del oro que no emplean mercurio;

b) El Ministerio de Minas y Energía establecerá programas y proyectos de financiamiento que generen, mecanismos o herramientas para facilitar el acceso a recursos financieros del sistema bancario al pequeño minero a nivel nacional, así como la destinación de recursos para financiar o cofinanciar proyectos mineros definidos por dicho Ministerio.

De igual forma el Ministerio de Minas y Energía destinará como mínimo el treinta por ciento (30%) de los recursos existentes a la entrada en vigencia de la presente ley, de que trata el artículo 151 de la Ley 1530 de 2012, para mejorar la productividad, seguridad y sostenibilidad de quienes se dedican a la extracción o beneficio de oro en pequeña escala o pequeños mineros auríferos, en el proceso de sustitución del uso del mercurio por otras tecnologías que no lo emplean; utilizándolos en la ejecución de programas y proyectos de apoyo directo a esta población, de forma que con ellos puedan recibir cofinanciación o financiación para la adquisición de los activos requeridos para lograr reconversión, obtener la apropiación del conocimiento de los nuevos procesos, recibir asistencia técnica, recibir apoyo o incentivos en la obtención del acceso a los créditos blandos como la financiación o cofinanciación de las primas de seguro, avales o avales complementarios, costos de estructuración de las solicitudes de crédito, tasas de interés o cualquier otro instrumento que les facilite el acceso.

El monto de los recursos destinados para este efecto podrá ser incrementado de conformidad con lo que sea dispuesto en el Presupuesto General de la Nación para cada año.

Estos incentivos no aplicarán en los casos que se requiera realizar la reconversión tecnológica en zonas prohibidas de las que trata el artículo 9°.

Parágrafo. El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Ministerio de Minas y Energía, el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Fondo de Desarrollo Regional, asignarán o promoverán las partidas presupuestales que sean necesarias, para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la presente ley en cabeza de los diferentes Ministerios, entidades territoriales y autoridades competentes.

[volver] **Artículo 11.** *Incentivos para la formalización.* Con el fin de impulsar y consolidar la formalización de la actividad minera, especialmente de pequeños mineros auríferos, el Gobierno Nacional deberá emplear los siguientes instrumentos:

a) **Subcontrato de Formalización Minera.** Los explotadores mineros de pequeña escala o pequeños mineros, que a la fecha de expedición de la presente ley se encuentren adelantando actividades de explotación dentro de áreas otorgadas a un tercero mediante título minero, podrán con previa autorización de la autoridad minera competente, suscribir subcontratos de formalización minera con el titular de dicha área, para continuar adelantando su explotación por un periodo no inferior a cuatro (4) años prorrogables.

La Autoridad Minera Nacional efectuará la respectiva anotación en el Registro Minero Nacional en un término no mayor a los quince (15) días hábiles siguientes a la aprobación del subcontrato de formalización por parte de la autoridad minera competente.

La suscripción de un subcontrato de formalización minera no implicará la división o fraccionamiento del título minero en cuya área se otorga el derecho a realizar actividades de explotación minera; no obstante podrán adelantarse labores de auditoría o fiscalización diferencial e independiente y quienes sean beneficiarios de uno de estos subcontratos, tendrán bajo su responsabilidad el manejo

técnico-minero, ambiental y de seguridad e higiene minera de la operación del área establecida, así como de las sanciones derivadas de incumplimiento normativo o legal.

El titular minero que celebre subcontratos de explotación minera deberá velar por el cumplimiento de las obligaciones del subcontrato suscrito y seguirá siendo responsable por las obligaciones del área de su título, con excepción de aquellas que se mencionan en el presente artículo.

El Gobierno Nacional reglamentará las condiciones y requisitos para la celebración y ejecución de estos subcontratos y en todo caso velará por la continuidad de la actividad productiva, en condiciones de formalidad y de acuerdo con las leyes y reglamentos, de esta población, en caso de no serle aplicable este instrumento;

b) **Devolución de Áreas para la Formalización Minera.** Entiéndase por devolución de áreas para formalización minera, la devolución que el beneficiario de un título minero hace producto de la mediación realizada por el Ministerio de Minas y Energía o la autoridad minera competente o por decisión directa de este, de una parte del área que le fue otorgada, con el fin de contribuir a la formalización de los pequeños mineros que hayan llevado a cabo su explotación de dicha área.

En ningún caso se podrá disponer del área devuelta, para ser destinada a beneficiarios diferentes a aquellos que se encontraban previamente efectuando actividades de minería dentro del área devuelta.

El Ministerio de Minas y Energía reglamentará el procedimiento, los requisitos para el acceso, evaluación, otorgamiento y administración de estas áreas y la definición de pequeño minero, a través de la Dirección de Formalización Minera o quien haga sus veces y la autoridad minera nacional administrará y operará el registro de las áreas devueltas;

c) **Beneficios para la formalización.** Los titulares mineros de oro que cuya capacidad instalada les permita procesar hasta 20 toneladas de material mineralizado al día, barequeros o mineros que se encuentre en proceso de formalización, que estén inscritos en el Registro de Usuarios de Mercurio señalado en el artículo 4° de la presente ley y que además presenten ante la Dirección de Formalización Minera del Ministerio de Minas y Energía, un plan de trabajo de reducción paulatina del mercurio en su proceso de beneficio del oro, tendrán prioridad para acceder a la oferta institucional de dicho Ministerio establecidos en el Programa de Formalización Minera.

JURISPRUDENCIA [\[Mostrar\]](#)

[\[volver\]](#) **Artículo 12. Establecimiento del Sello Minero Ambiental Colombiano.** En un plazo no mayor a seis (6) meses, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá la reglamentación que establece y regula el "Sello Minero Ambiental Colombiano", mediante el cual y de acuerdo con los procedimientos que para efectos similares ha determinado, se podrá identificar el producto de las actividades mineras que no usen mercurio y emplean procedimientos amigables con el medio ambiente.

Para el efecto el Ministerio de Minas y Energía promoverá el desarrollo de las normas técnicas necesarias para garantizar la aplicación del reglamento que aquí se establece.

El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo para el caso de los procesos industriales y sus productos, impulsará la solicitud y apoyará el desarrollo de los estudios de factibilidad que deban realizarse para la selección de las diferentes categorías de productos que permitan la aplicación del "Sello Ambiental Colombiano", de acuerdo con lo dispuesto en la presente ley, en especial lo relacionado con Mercurio.

[\[volver\]](#) **Artículo 13. Decomiso.** El incumplimiento de los preceptos de que trata la presente ley, y las que establezcan los reglamentos, dará lugar al decomiso respectivo. El procedimiento de decomiso se efectuará de conformidad con las medidas previstas en los reglamentos, expedidos por el Ministerio de Minas y Energía, sin perjuicio de las demás sanciones que establezcan los reglamentos.

[\[volver\]](#) **Artículo 14. Sanciones.** Aquellos funcionarios que incumplan lo dispuesto en la presente ley y en los reglamentos, serán sancionados disciplinariamente y su conducta será entendida como grave al tenor de lo establecido en la Ley 734 de 2002.

[\[volver\]](#) **Artículo 15. Vigencia.** La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el **Diario Oficial**.

El Presidente del honorable Senado de la República,

Roy Leonardo Barreras Montealegre.

El Secretario General del honorable Senado de la República,

Gregorio Eljach Pacheco.

El Presidente de la honorable Cámara de Representantes,

Augusto Posada Sánchez.

El Secretario General de la honorable Cámara de Representantes,

Jorge Humberto Mantilla Serrano.

REPÚBLICA DE COLOMBIA - GOBIERNO NACIONAL

Publíquese y cúmplase.

Dada en Bogotá, D. C., a 15 de julio de 2013.

JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN

El Ministro de Hacienda y Crédito Público,

Mauricio Cárdenas Santamaría.

El Ministro de Minas y Energía,

Federico Rengifo Vélez.

El Ministro de Comercio, Industria y Turismo,

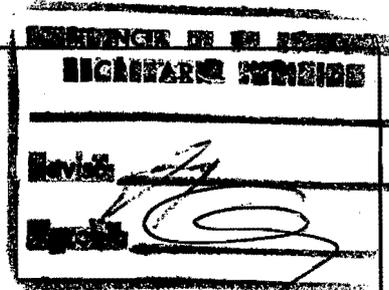
Sergio Diazgranados Guida.

El Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible,

Juan Gabriel Uribe.

El Ministro de Salud y Protección Social,

Alejandro Gaviria Uribe.

**MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO**

DECRETO NÚMERO 1041 DE

21 JUN 2018

Por el cual se modifica el artículo 3° del Decreto 2133 de 2016

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA

En ejercicio de sus facultades constitucionales y en especial de las que le confiere el numeral 25 del artículo 189 de la Constitución Política y con sujeción a lo establecido en la Ley 1658 de 2013,

CONSIDERANDO

Que la Ley 1658 del 15 de julio de 2013 estableció disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, fijó requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y dictó otras disposiciones.

Que en su artículo 3 la Ley 1658 de 2013 determinó que los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Minas y Energía; Salud y Protección Social y Trabajo establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país, de tal manera que se erradique el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a diez (10) años, esto es 2023, y para la minería en un plazo máximo de cinco (5) años, es decir, 2018.

Que el artículo 5 de la Ley 1658 del 15 de julio de 2013 dispuso que el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), en un término máximo de dos (2) años, establecerán medidas de control y restricción a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contengan.

Que a través del Decreto 2133 del 22 de diciembre de 2016 el Gobierno Nacional dio cumplimiento al artículo 5 de la Ley 1658 de 2013 estableciendo medidas de control a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contienen y creando el Registro Único Nacional de Importadores y Comercializadores autorizados, en aras de contar con herramientas efectivas que faciliten controlar su ingreso y la cadena de comercialización.

Que mediante la Ley 1892 del 11 de mayo de 2018 el Congreso aprobó el "Convenio de Minamata sobre el mercurio" hecho en Kumamoto (Japón) el 10 de octubre de 2013, el cual es compatible con las acciones adoptadas por la Ley 1658 de 2013, entendidas éstas como herramientas jurídicas adicionales y complementarias para la solución de la problemática del mercurio en el país.

Continuación del decreto "Por el cual se modifica el artículo 3° del Decreto 2133 de 2016"

Que con el fin de mantener y promover las exportaciones de bienes destinados a la salud y garantizar la atención oportuna de la población colombiana que presenta necesidades en salud, se hace necesario modificar el artículo 3° del Decreto 2133 del 22 de diciembre de 2016 ampliando el cupo de importación de mercurio para procesos industriales exclusivamente relacionados con el sector de la salud, en el marco de lo establecido por la Ley 1658 de 2013.

Que teniendo en cuenta lo anterior, en sesión 308 del 26 de enero de 2018 el Corrité de Asuntos Aduaneros, Arancelarios y de Comercio Exterior recomendó la modificación solicitada.

Que el proyecto de decreto fue publicado en la página web del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en cumplimiento del numeral 8 del artículo 8 de la Ley 1437 de 2011.

DECRETA

Artículo 1. Modifíquese el inciso tercero del artículo 3° del Decreto 2133 de 2016 y adiciónese el citado artículo con dos incisos y tres numerales, así:

"Artículo 3. Cupos para la importación y su administración.

(...)

A partir del 16 de julio de 2018 y hasta el 15 de julio de 2020 se autorizará un cupo anual de importación de mercurio clasificado por la subpartida arancelaria 2805.40.00.00, de cinco (5) toneladas, para ser utilizado en actividades diferentes a la minería. El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo administrará 0,5 toneladas y el cupo restante, es decir 4,5 toneladas, será administrado por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) en el marco de sus competencias y de conformidad con la reglamentación que se expida para el efecto.

A partir del 16 de julio de 2020 no se permitirán importaciones de mercurio destinadas a actividades industriales y productivas distintas al sector salud.

Para el periodo comprendido entre el 16 de julio de 2020 y hasta el 14 de julio de 2023, se establece para las actividades industriales y productivas del sector salud, un cupo anual que será administrado por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) de la siguiente manera:

1. Para el periodo comprendido entre el 16 de julio de 2020 y hasta el 15 de julio de 2021, 3,5 toneladas.
2. Para el periodo comprendido entre el 16 de julio de 2021 y hasta el 15 de julio de 2022, 3 toneladas.
3. Para el periodo comprendido entre el 16 de julio de 2022 y hasta el 14 de julio de 2023, 2,5 toneladas."

Continuación del decreto "Por el cual se modifica el artículo 3° del Decreto 2133 de 2016"

Artículo 2°. Vigencia. El Presente Decreto entrará en vigencia a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial y modifica en lo pertinente el artículo 3° del Decreto 2133 de 2016.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

21 JUN 2018

Dado en Bogotá D.C., a los



EL MINISTRO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO,



MAURICIO CÁRDENAS SANTAMARÍA

EL MINISTRO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL



ALEJANDRO GAVIRIA URIBE

Continuación del decreto "Por el cual se modifica el artículo 3° del Decreto 2133 de 2016"

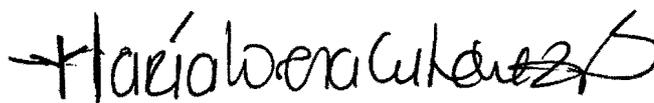
21 JUN 2018

EL MINISTRO DE MINAS Y ENERGÍA



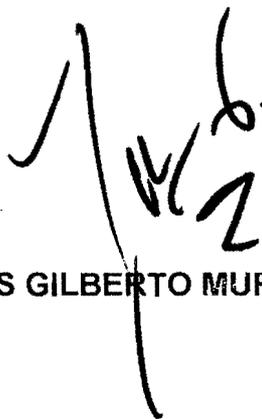
GERMÁN ARCE ZAPATA

LA MINISTRA DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO



MARÍA LORENA GUTIÉRREZ BOTERO

EL MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE



LUIS GILBERTO MURILLO URRUTIA

INFORME MERCURIO

Ing. Manuel Salgado Alba
Referente intoxicación por Metales Pesados
Factores de Riesgo Ambiental
Instituto Nacional de Salud

1. Mercurio. Notificación específicamente de intoxicación aguda con mercurio al SIVIGILA durante todo el año 2010, en comparación con la notificación hasta el mes de junio de 2011.

Estadísticas del evento:

Tabla 1. Metales Pesados Total año 2010

| Metal | Número | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------|-----------------------|
| Mercurio | 134 | 78.82 |
| Plomo | 6 | 3.53 |
| Metal pesado | 3 | 1.76 |
| Zinc | 1 | 0.59 |
| Arsénico | 1 | 0.59 |
| Cianuro | 1 | 0.59 |
| Otros | 24 | 14.12 |
| Total | 170 | 100% |

Tabla 1. Metales Pesados a Junio de 2011

| Metal | Número | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------|-----------------------|
| Mercurio | 67 | 89.74 |
| Plomo | 5 | 6.41 |
| Otros | 6 | 3.85 |
| Total | 78 | 100% |

Tabla 2. Casos intoxicación con mercurio discriminados por periodo epidemiológico de 2010

| Periodo | Casos | Casos/100000 hab |
|----------------|--------------|-------------------------|
| 1 | 9 | 0,0198 |
| 2 | 21 | 0,0461 |
| 3 | 4 | 0,0088 |
| 4 | 5 | 0,0110 |
| 5 | 3 | 0,0066 |
| 6 | 18 | 0,0396 |
| 7 | 5 | 0,0110 |
| 8 | 8 | 0,0176 |
| 9 | 11 | 0,0242 |
| 10 | 16 | 0,0352 |
| 11 | 28 | 0,0615 |
| 12 | 4 | 0,0088 |
| 13 | 2 | 0,0044 |
| Total | 134 | 0,2945 |

Tabla 2. Casos intoxicación mercurial discriminados por periodo epidemiológico a junio de 2011

| Periodo | Casos | Casos/100000 hab |
|--------------|-----------|------------------|
| 1 | 4 | 0,0087 |
| 2 | 13 | 0,0282 |
| 3 | 6 | 0,0130 |
| 4 | 11 | 0,0239 |
| 5 | 24 | 0,0521 |
| 6 | 9 | 0,0195 |
| Total | 67 | 0,1455 |

Gráfico 1. Incidencia por periodo epidemiológico total año 2010

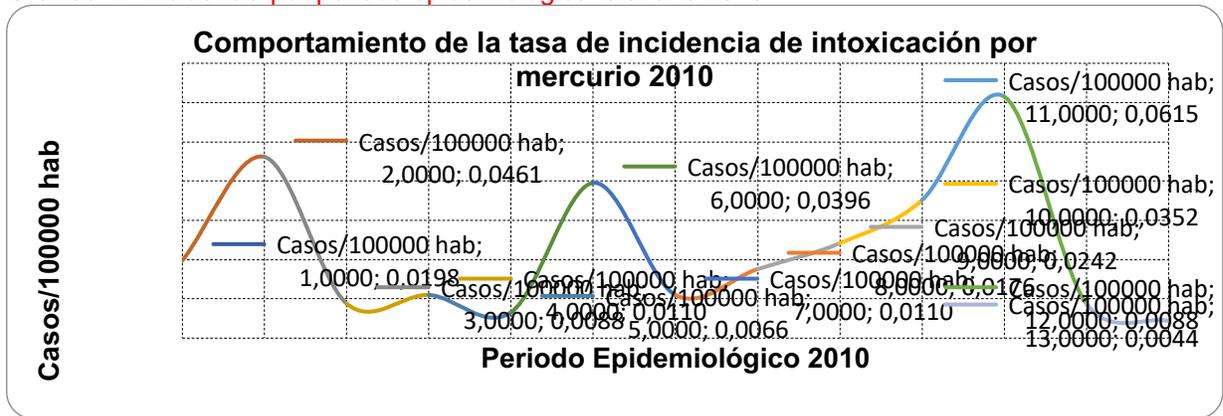


Gráfico 1. Incidencia por periodo epidemiológico hasta junio de 2011

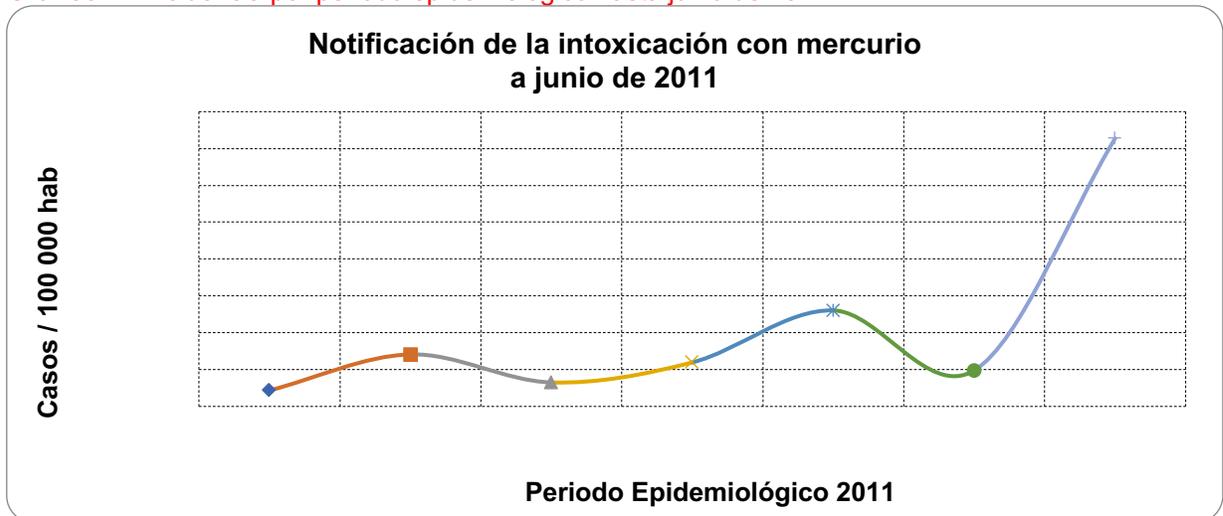


Tabla 3. Distribución porcentual e incidencia de casos de intoxicación aguda con Mercurio 2010

| Código | Departamento | Población 2010 | Mercurio | | |
|--------|--------------|----------------|----------|-------|-------------------------------|
| | | | Casos | % | Incidencia (Casos/100000 hab) |
| 05 | Antioquia | 6.066.377 | 117 | 87,31 | 1,93 |
| 09 | Barranquilla | 1.186.705 | 1 | 0,75 | 0,08 |
| 11 | Bogotá | 7.363.782 | 5 | 3,73 | 0,07 |
| 17 | Caldas | 978.362 | 1 | 0,75 | 0,10 |

| | | | | | |
|-----------------------|-----------------|-------------------|------------|-------------|-------------|
| 19 | Cauca | 1.318.983 | 1 | 0,75 | 0,08 |
| 27 | Chocó | 476.173 | 1 | 0,75 | 0,21 |
| 23 | Córdoba | 1.582.187 | 1 | 0,75 | 0,06 |
| 86 | Putumayo | 326.093 | 1 | 0,75 | 0,31 |
| 63 | Quindío | 549.624 | 1 | 0,75 | 0,18 |
| 66 | Risaralda | 925.105 | 1 | 0,75 | 0,11 |
| 68 | Santander | 2.010.404 | 1 | 0,75 | 0,05 |
| 76 | Valle del Cauca | 4.382.939 | 3 | 2,24 | 0,07 |
| Total Nacional | | 45.508.205 | 134 | 100% | 0,29 |

Tabla 3. Distribución porcentual de casos de intoxicación aguda con Mercurio a junio de 2011

| Código | Departamento | Población 2011 | Mercurio | | |
|-----------------------|--------------|-----------------|-----------|-------------|----------------------------------|
| | | | Casos | % | Incidencia (Casos/100000 hab) |
| 05 | Antioquia | 6144244 | 54 | 80,60 | 0,88 |
| 08 | Atlántico | 1150138 | 1 | 1,49 | 0,09 |
| 09 | Barranquilla | 1194002 | 1 | 1,49 | 0,08 |
| 11 | Bogotá | 7467804 | 6 | 8,96 | 0,08 |
| 13 | Bolívar | 1046210 | 2 | 2,99 | 0,19 |
| 15 | Boyacá | 1269401 | 1 | 1,49 | 0,08 |
| 27 | Chocó | 480826 | 1 | 1,49 | 0,21 |
| 50 | Meta | 888765 | 1 | 1,49 | 0,11 |
| Total Nacional | | 46043696 | 67 | 100% | 0,15 |

Gráfico 2. Distribución porcentual notificación por departamento año 2010

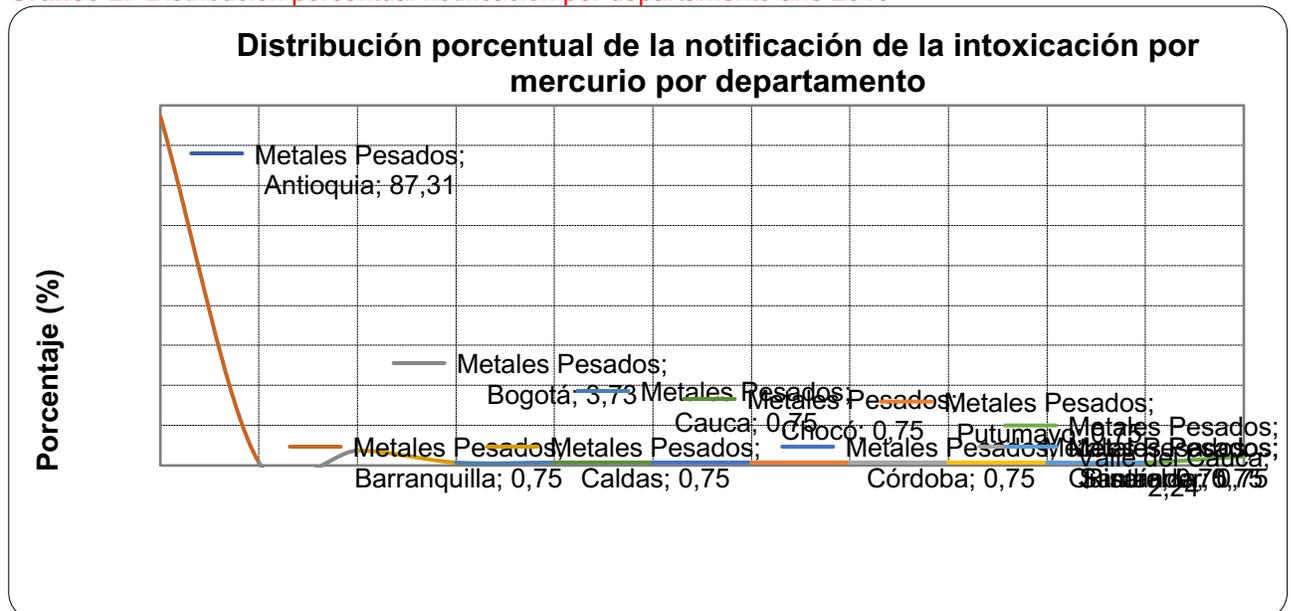


Gráfico 2. Distribución porcentual notificación por departamento a junio de 2011

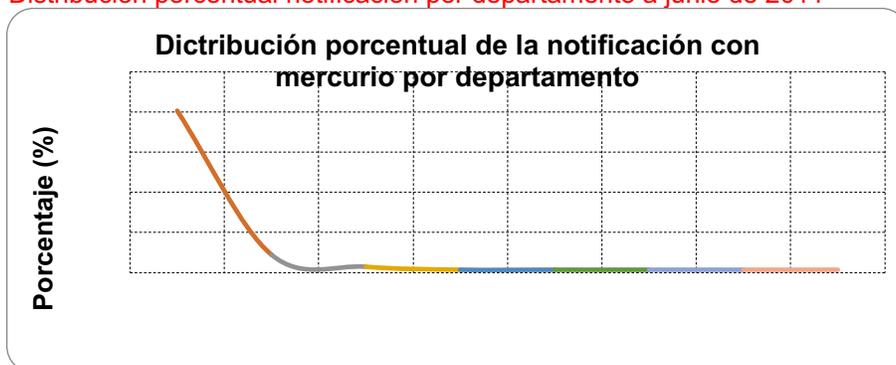


Tabla 4. Distribución porcentual por vía exposición total año 2010

| Vía de exposición | Casos | Porcentaje % |
|-------------------|------------|--------------|
| 1 Respiratoria | 107 | 79,85 |
| 2 Oral | 17 | 12,69 |
| 3 Dérmica | 7 | 5,22 |
| 4 Ocular | 0 | 0,00 |
| 5 Desconocida | 2 | 1,49 |
| 6 Intramuscular | 1 | 0,75 |
| 7 Otra | 0 | 0,00 |
| Total | 134 | 100% |

Tabla 4. Distribución porcentual por vía exposición a junio de 2011

| Vía de exposición | Casos | Porcentaje % |
|-------------------|-----------|--------------|
| 1 Respiratoria | 50 | 74,63 |
| 2 Oral | 7 | 10,45 |
| 3 Dérmica | 6 | 8,96 |
| 4 Ocular | 0 | 0,00 |
| 5 Desconocida | 4 | 5,97 |
| 6 Intramuscular | 0 | 0,00 |
| 7 Otra | 0 | 0 |
| Total | 67 | 100% |

Gráfico 3. Distribución porcentual por vía exposición total año 2010

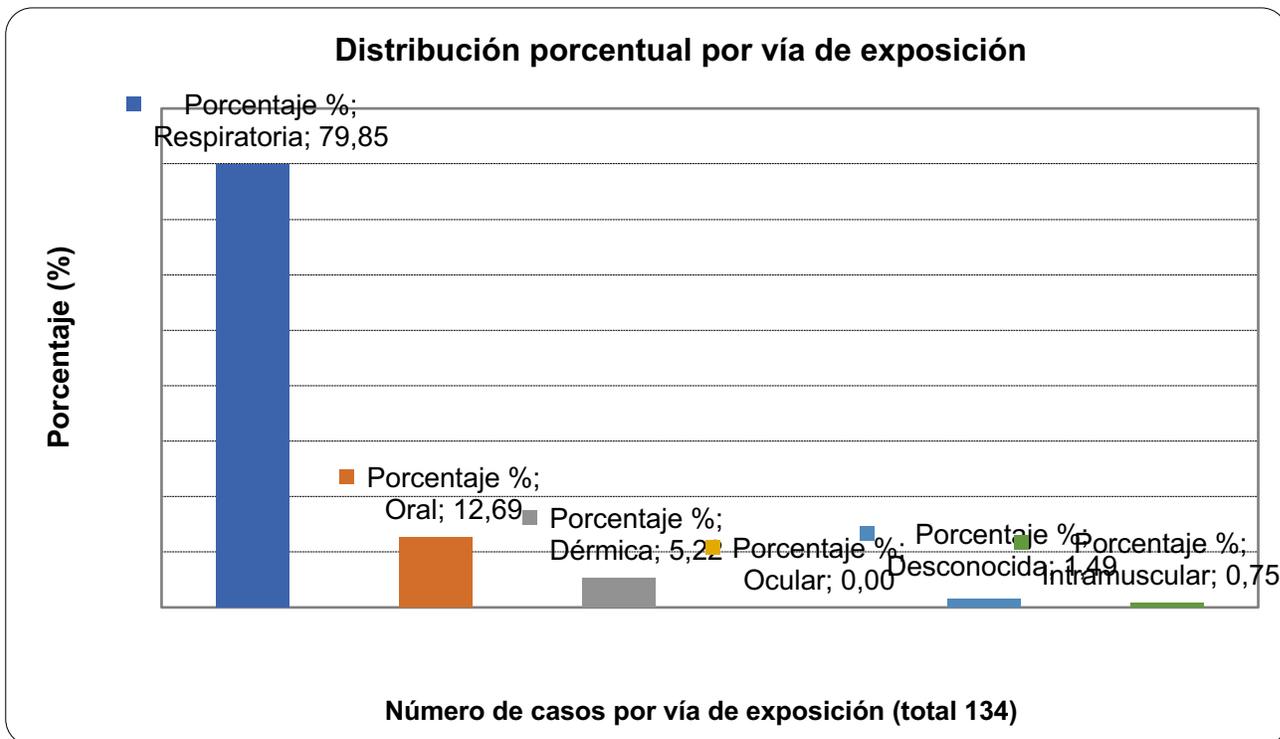


Gráfico 3. Distribución porcentual por vía exposición a junio de 2011

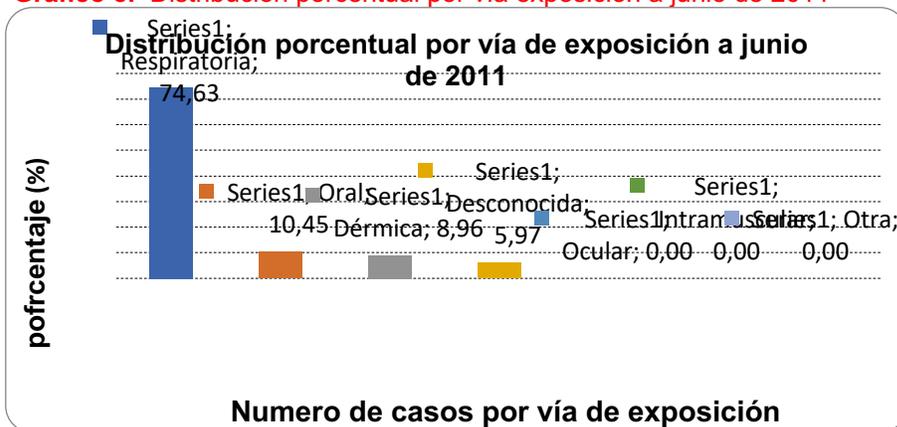


Tabla 5. Distribución porcentual de hospitalizaciones total año 2010

| | Hospitalización | Casos | Porcentaje (%) |
|---|----------------------|------------|----------------|
| 1 | Hospitalizados | 10 | 7,46 |
| 2 | No hospitalizados | 124 | 92,54 |
| | Total general | 134 | 100% |

Tabla 5. Distribución porcentual por vía exposición a junio de 2011

| | Hospitalización | Casos | Porcentaje (%) |
|---|------------------------|--------------|-----------------------|
| 1 | Hospitalizados | 3 | 4.47 |
| 2 | No hospitalizados | 64 | 95,52 |
| | Total general | 67 | 100% |

Tabla 6. Distribución porcentual de hospitalizaciones total año 2010

| Sexo | Casos | Porcentaje (%) |
|----------------------|--------------|-----------------------|
| Femenino | 20 | 14,93 |
| Masculino | 114 | 85,07 |
| Total general | 134 | 100% |

Tabla 6. Distribución porcentual por vía exposición a junio de 2011

| Sexo | Casos | Porcentaje (%) |
|----------------------|--------------|-----------------------|
| Femenino | 55 | 17.91 |
| Masculino | 12 | 82.09 |
| Total general | 67 | 100% |

Tabla 7. Distribución porcentual por rango de edades total año 2010

| Intervalos | Casos | Porcentaje (%) |
|-------------------|--------------|-----------------------|
| 0 a 1 | 1 | 0,75 |
| 1 a 4 | 9 | 6,72 |
| 5 a 9 | 3 | 2,24 |
| 10 a 14 | 2 | 1,49 |
| 15 a 19 | 6 | 4,48 |
| 20 a 24 | 13 | 9,70 |
| 25 a 29 | 20 | 14,93 |
| 30 a 34 | 11 | 8,21 |
| 35 a 39 | 13 | 9,70 |
| 40 a 44 | 13 | 9,70 |
| 45 a 49 | 18 | 13,43 |
| 50 a 54 | 14 | 10,45 |
| 55 a 59 | 6 | 4,48 |
| 60 a 64 | 3 | 2,24 |
| 65 a 69 | 1 | 0,75 |
| 70 a 74 | 0 | 0,00 |
| 75 a 79 | 1 | 0,75 |
| 80 a 84 | 0 | 0,00 |
| 85 a 89 | 0 | 0,00 |
| 90 a 94 | 0 | 0,00 |
| 95 a 99 | 0 | 0,00 |
| Total | 134 | 100% |

Gráfico 4. Distribución porcentual por rango de edades total año 2010

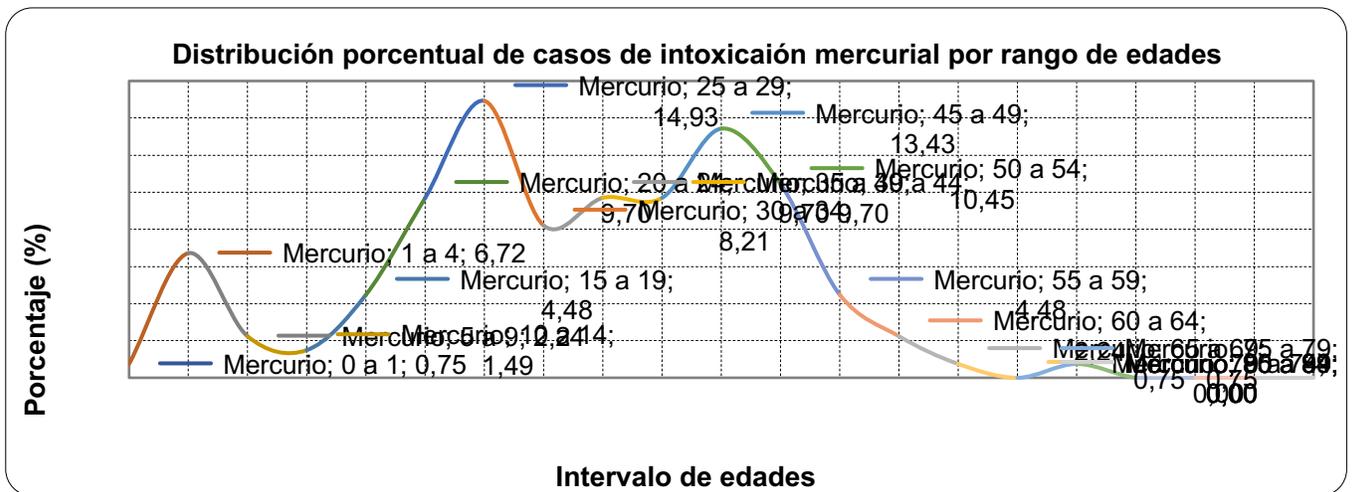


Tabla 7. Distribución porcentual por rango de edades a junio de 2011

| Edad | Mercurio | |
|--------------|-----------|-------------|
| | Casos | % |
| 1 a 4 | 5 | 7,46 |
| 5 a 9 | 1 | 1,49 |
| 10 a 14 | 1 | 1,49 |
| 15 a 19 | 0 | 0,00 |
| 20 a 24 | 7 | 10,45 |
| 25 a 29 | 7 | 10,45 |
| 30 a 34 | 4 | 5,97 |
| 35 a 39 | 15 | 22,39 |
| 40 a 44 | 12 | 17,91 |
| 45 a 49 | 10 | 14,93 |
| 50 a 54 | 3 | 4,48 |
| 55 a 59 | 2 | 2,99 |
| Total | 67 | 100% |

Gráfico 4. Distribución porcentual por rango de edades a junio de 2011

Distribución porcentual de notificación de intoxicación mercurial por rango de edades



Tabla 8. Distribución porcentual por tipo de exposición total año 2010

| Tipo de Exposición | | Mercurio | |
|----------------------|-------------|------------|-------------|
| | | Casos | % |
| 1 | Ocupacional | 113 | 84,33 |
| 2 | Accidental | 15 | 11,19 |
| 3 | Suicida | 4 | 2,99 |
| 5 | R. Adversa | 2 | 1,49 |
| Total general | | 134 | 100% |

Gráfico 5. Distribución porcentual por tipo de exposición total año 2010

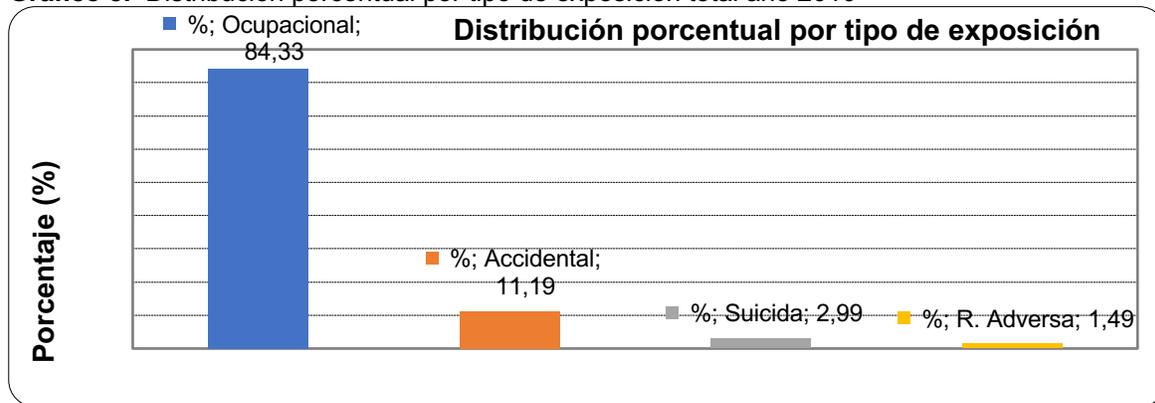
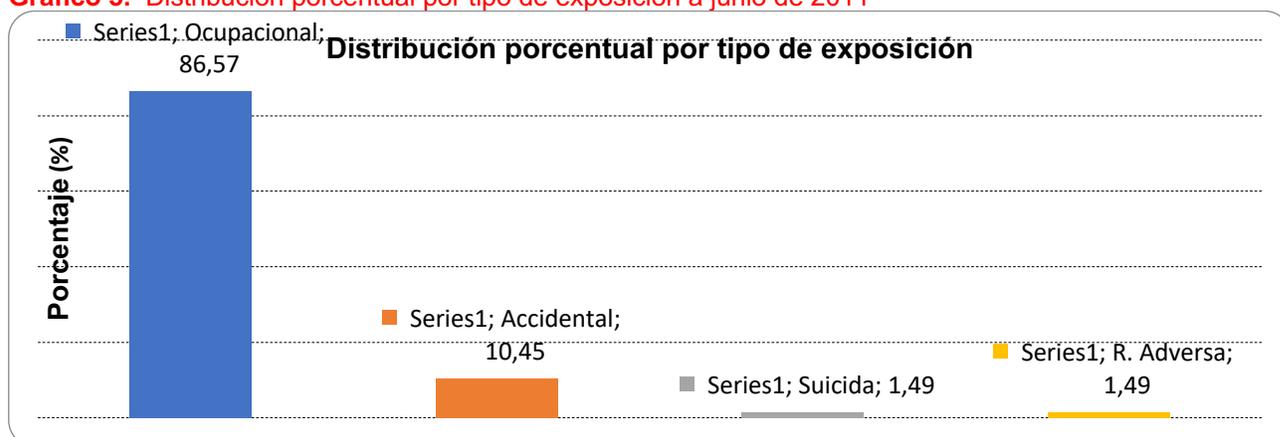


Tabla 8. Distribución porcentual por tipo de exposición a junio de 2011

| Tipo de Exposición | | Mercurio | |
|----------------------|-------------|-----------|--------------|
| | | Casos | % |
| 1 | Ocupacional | 58 | 86,57 |
| 2 | Accidental | 7 | 10,45 |
| 3 | Suicida | 1 | 1,49 |
| 5 | R. Adversa | 1 | 1,49 |
| Total general | | 67 | 100 % |

Gráfico 5. Distribución porcentual por tipo de exposición a junio de 2011



2. Cianuro. Durante el año 2010 se notificaron al Sivigila un total de 19 intoxicaciones por cianuro y en lo que va corrido hasta el mes de julio de 2011 un total de 7. Sin embargo de acuerdo al número de afectados y al tipo de exposición no es posible asociarla directamente al proceso minero como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 9. Distribución porcentual por tipo de exposición total año 2010 y hasta junio de 2011

| Tipo de Exposición | | Notificación Cianuro total 2010 | | Notificación Cianuro hasta junio 2011 | |
|----------------------|-------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| | | Casos | % | Casos | % |
| 1 | Ocupacional | 0 | 0 | 3 | 42.85 |
| 2 | Accidental | 4 | 21.10 | | |
| 3 | Suicida | 11 | 57.89 | 4 | 57.14 |
| 4 | Homicida | 1 | 5.26 | | |
| 6 | Delictiva | 2 | 10.53 | | |
| 8 | Desconocida | 1 | 5.26 | | |
| Total general | | 19 | 100 % | 7 | 100 % |

| | | |
|--|---|--|
|  VIGILANCIA Y CONTROL EN SALUD PÚBLICA | PROTOCOLO DE VIGILANCIA Y CONTROL DE INTOXICACIONES AGUDAS POR MERCURIO | Página 1 de 24 |
| | INT-R02.002.4040-009 | Versión N° 00 Fecha próxima revisión: 25 de Septiembre de 2010 |
| Elaborado por: Grupo de vigilancia y control de factores de riesgo ambiental Fecha: 25 de Septiembre 2009 | Revisado por: Coordinador grupo de vigilancia y control de factores de riesgo ambiental Fecha: 25 de Septiembre 2009 | Aprobado por: Dr. Víctor Hugo Álvarez Subdirector de Vigilancia y Control en Salud Pública Fecha: 25 de Septiembre 2009 |

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Realizar el seguimiento continuo y sistemático de los casos de de acuerdo con los procesos establecidos para la notificación, recolección y análisis de los datos que permitan generar información oportuna, válida y confiable para orientar medidas de prevención y control del evento.

1.2 Objetivos específicos

- Fortalecer el sistema de notificación en todos los casos de las intoxicaciones agudas por mercurio en el territorio nacional.
- Mejorar la calidad del dato como insumo para el análisis de información epidemiológica en los niveles municipal, departamental y nacional.
- Consolidar la herramienta de captura de información y análisis para la orientación de directrices con base en la identificación de factores y verificación de tendencias locales y nacionales para el apoyo en la toma de decisiones y el establecimiento de las medidas de intervención en salud.
- Brindar un instrumento de apoyo en el manejo, control y vigilancia de eventos de intoxicación con mercurio en los entes territoriales.
- Ofrecer una herramienta de información como sustento en la formulación planes, programas y proyectos para la prevención y el manejo de las intoxicaciones por mercurio en el país.

2. ALCANCE

Este documento define la metodología de abordaje de los procesos establecidos para la notificación, recolección y análisis de datos para la orientación de medidas de prevención y control de casos de intoxicación aguda por mercurio a nivel nacional, departamental y municipal.

3. RESPONSABILIDAD

Es responsabilidad del Instituto Nacional de Salud a través Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública, emitir los parámetros para realizar la vigilancia a través de este documento y de los siguientes actores del sistema:

- Ministerio de la Protección Social - Centro Nacional de Enlace.
- Instituto Nacional de Salud - Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública.
- Unidades notificadoras: Entidades territoriales de carácter nacional, departamental, distrital y municipal.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 2 de 24 V00

- Unidades primarias generadoras de datos: Entidades de carácter público y privado que captan los eventos de interés en salud pública.

4. DEFINICIONES

Las contempladas en el Decreto 3518 de 2006.

5. CONDICIONES GENERALES: N/A

6. MATERIALES Y REACTIVOS: N/A

7. EQUIPOS: N/A

8. CONTENIDO

8.1. Importancia del evento

La evaluación mundial sobre el mercurio realizada por el Programa de las Naciones Unidas afirma que este metal y sus compuestos están presentes en el medio ambiente generando efectos adversos en la salud de las personas expuestas. Dicha evaluación concluye que esta situación debe ser controlada mediante acciones en salud pública y ambiental que permitan disminuir las emisiones al medio ambiente y por ende a la población expuesta (UNEP 2005).

Varias investigaciones en Colombia han identificado el mercurio como contaminante del ambiente y de personas expuestas mediante el análisis de los niveles del metal en muestras biológicas (orina y cabello) y ambientales (aire, agua), incluidos alimentos como el pescado, cuyos resultados son un indicador del riesgo químico presente en la población general. En nuestro país, la actividad económica que guarda mayor relación con el uso de mercurio y la contaminación ambiental es la minería artesanal del oro; otras actividades como la producción de cloro-álcali y fabricación de equipos de medición (termómetros, barómetros, tensiómetros) también se consideran de riesgo para la población laboral. Estos hallazgos y la reconocida toxicidad del mercurio demuestran la necesidad de realizar la vigilancia y control de este evento, lo cual puede lograrse mediante el diagnóstico y tratamiento oportunos de las personas afectadas con el fin de disminuir la probabilidad de secuelas y desarrollar actividades en prevención y manejo adecuados del mercurio, así como disminuir la exposición en las personas.

8.1.1. Descripción del evento

El mercurio es una sustancia tóxica que al ingresar al cuerpo humano produce trastornos en el organismo, principalmente a nivel del sistema nervioso central. La presencia del mercurio en el aire, agua, suelos y alimentos (pescado principalmente) (1) en concentraciones por encima de los límites permitidos ha ocasionado un grave problema de salud pública en el país. Regiones como el Nordeste antioqueño, el Sur de Bolívar, Chocó, Santander, Nariño, Caldas, Vaupés, entre otras, llevan a cabo minería artesanal del oro y para la extracción final de este metal precioso se usa el mercurio. Su uso se da en forma indiscriminada y poco controlada, situación que ha originado la contaminación ambiental y

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 3 de 24 V00

ha afectado la salud de las personas. La exposición al mercurio se incrementa también en las zonas industriales que usan esta sustancia.

El mercurio es el único metal pesado líquido a temperatura ambiente, es maleable, buen conductor de la electricidad y posee gran poder de amalgamación con otros metales preciosos. Todas estas características han permitido su uso en diversas actividades industriales. Es liberado al medio ambiente a partir de fenómenos naturales y de actividades humanas (fuentes antropógenas). En el informe sobre la evaluación mundial del mercurio se identifican las siguientes fuentes de liberación al ambiente (PNUMA 2005) (2).

- Fuentes naturales que involucran movilización de mercurio en estado natural (actividad volcánica o la erosión de rocas).
- Liberaciones asociadas con la actividad humana (antropógenas) resultantes de la movilización de impurezas de mercurio en materias primas principalmente:
 - Producción de energía con base en carbón (la fuente más importante de emisión atmosférica)
 - Producción de energía con base en gas natural y otros combustibles fósiles de carbón
 - Producción de cemento (mercurio en cal)
 - Minería y otras actividades metalúrgicas que comprenden la extracción y elaboración de materiales minerales vírgenes y reciclados por ejemplo, la producción de hierro, acero, ferromanganeso, zinc, oro y otros metales no ferrosos
- Las actuales liberaciones antropógenas resultantes del uso intencional del mercurio en productos y procesos durante la fabricación, los derrames, la eliminación o incineración de productos agotados y liberaciones de otro tipo.
 - Minería del mercurio
 - Minería del oro y la plata en pequeña escala (proceso de amalgamación)
 - Producción cloroalcalina
 - Uso de lámparas fluorescentes, diversos instrumentos y amalgamas dentales
 - Fabricación de productos que contienen mercurio como termómetros, manómetros y otros instrumentos de medida, interruptores eléctricos y electrónicos
- Liberaciones del tratamiento y disposición final de desechos (provenientes tanto de impurezas como de usos intencionales del mercurio):
 - Incineración de desechos peligrosos (orgánicos e inorgánicos)
 - Vertederos de basuras
 - Cremaciones (cenizas)
 - Cementerios (filtración al suelo por lixiviación)
- Removilización de liberaciones antropógenas pasadas de mercurio anteriormente depositado en suelos, sedimentos, masas de agua, vertederos y acumulaciones de desechos o residuos.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 4 de 24 V00

Las fuentes antropógenas son las que más contribuyen a la liberación de mercurio hacia la atmósfera, agua y suelo. Este metal es consumido en una amplia gama de productos y procesos en el mundo entero. En países desarrollados, las actividades que más demandan el uso del mercurio incluyen la producción de cloro-álcali, amalgamas dentales, fabricación de equipos de medición (termómetros, tensiómetros, barómetros); fabricación de pilas, tubos de neón, fluorescentes, interruptores eléctricos y uso en laboratorios. Adicionalmente, los países en vía de desarrollado usan el mercurio en la producción de cloruro de vinilo, minería artesanal del oro a pequeña escala, fabricación de productos cosméticos, rituales culturales, pinturas y algunos plaguicidas (PNUMA 2008) (3).

Existen diferentes especies químicas de mercurio, cada especie presenta diferentes propiedades físico-químicas y usos. En la tablas 1 y 2 se aprecian algunas propiedades químicas del mercurio y algunos compuestos de mercurio de interés ambiental con sus principales usos respectivamente.

Tabla 1. Propiedades químicas del mercurio

| | | | |
|---|--|--|---|
| Nombre común | Mercurio | | |
| Simbolo químico | Hg (del término en desuso hidrargirio) | | |
| Aspecto | Líquido plateado | | |
| Fuente natural | En la naturaleza existe como sulfuros de mercurio (cinabrio rojo), de arsénico (rejalgar), hierro (piritas), mixto (metacinabrio negro), de antimonio (estibina), también directamente unido a minerales de zinc, cobre, oro y plomo | | |
| Peso atómico | 200.61 g/mol | | |
| Estado físico | Líquido (a temperatura ambiente) | | |
| Aspecto (color y olor) | Plateado sin olor característico | | |
| Punto de fusión | - 38.87 °C, | | |
| Punto de ebullición | 356.9 °C | | |
| Densidad | 13.52137 g/cm ³ a 25 °C | | |
| Presión de vapor | 0.00000277 atmósferas a 25 °C (0.000002811 bares o 0.2811 Pa) | | |
| | 0.00000852 atmósferas a 40 °C (0.000008626 bares o 0.862585 Pa) | | |
| Volumen específico del vapor saturado de mercurio | $31670 \frac{m^3_{VAPOR}}{Kg Hg^0}$ equivalente a: $31.57 \frac{mg Hg^0}{m^3_{VAPOR SATURADO DE Hg^0}}$ (a 30 °C) | | |
| | $70260 \frac{m^3_{VAPOR}}{Kg Hg^0}$ equivalente a: $14.23 \frac{mg Hg^0}{m^3_{VAPOR SATURADO DE Hg^0}}$ (a 20 °C) | | |
| Tensión superficial | 4840 μ N (484 dinas/cm), 6 veces más que la del agua | | |
| Solubilidad de compuestos mercuriales en agua | Mercurio metálico (Hg ⁰) | Insoluble a 25 °C | 0.002 mg/l (a 30 °C) |
| | Hidróxido mercúrico Hg(OH) ₂ | Insoluble a 25 °C | |
| | Metilmercurio | Insoluble a 25 °C | |
| | Etilmercurio | Insoluble a 25 °C | |
| | Oxido mercúrico HgO | $51.85 \frac{mg HgO}{l_{AGUA (25\text{ }^\circ C)}}$ | $392.93 \frac{mg HgO}{l_{AGUA (100\text{ }^\circ C)}}$ |
| | Sulfato básico mercúrico HgSO ₄ · 2HgO | $49.99 \frac{mg HgSO_4 \cdot 2HgO}{l_{AGUA (4\text{ }^\circ C)}}$ | $1600.47 \frac{mg HgSO_4 \cdot 2HgO}{l_{AGUA (100\text{ }^\circ C)}}$ |
| | Acetato mercúrico Hg(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ | $249924.75 \frac{mg Hg(C_2H_3O_2)_2}{l_{AGUA (10\text{ }^\circ C)}}$ | $958365 \frac{mg Hg(C_2H_3O_2)_2}{l_{AGUA (100\text{ }^\circ C)}}$ |
| | Bromuro mercúrico HgBr ₂ | $4991.02 \frac{mg HgBr_2}{l_{AGUA (20\text{ }^\circ C)}}$ | $239591.25 \frac{mg HgBr_2}{l_{AGUA (100\text{ }^\circ C)}}$ |

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 5 de 24 V00

| | | | | |
|-------------------------------|--|---|---|---|
| | Acetato mercurioso $\text{HgC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ | $7495.33 \frac{\text{mg HgC}_2\text{H}_3\text{O}_2}{l_{AGUA}}$ (a 13 °C) | | |
| | Oxido mercurioso Hg_2O | $6.80 \frac{\text{mg Hg}_2\text{O}}{l_{AGUA}}$ (agua caliente) | | |
| | Sulfato mercurioso Hg_2SO_4 | $549.43 \frac{\text{mg Hg}_2\text{SO}_4}{l_{AGUA (16.5\text{ }^\circ\text{C})}}$ | $881.69 \frac{\text{mg Hg}_2\text{SO}_4}{l_{AGUA (100\text{ }^\circ\text{C})}}$ | |
| | Cloruro mercurioso HgCl (calomel) | $1.99 \frac{\text{mg HgCl}}{l_{AGUA (20\text{ }^\circ\text{C})}}$ | $6.95 \frac{\text{mg HgCl}}{l_{AGUA (40\text{ }^\circ\text{C})}}$ | $1.4 \frac{\text{mg HgCl}}{l_{AGUA (0\text{ }^\circ\text{C})}}$ |
| | Cloruro mercúrico HgCl_2 (corrosivo) | $35994.20 \frac{\text{mg HgCl}_2}{l_{AGUA (0\text{ }^\circ\text{C})}}$ | $587477.74 \frac{\text{mg HgCl}_2}{l_{AGUA (100\text{ }^\circ\text{C})}}$ | |
| | Cianuro mercúrico $\text{Hg}(\text{CN})_2$ | $124887.37 \frac{\text{mg Hg}(\text{CN})_2}{l_{AGUA}}$ (a 15 °C) | | |
| | Fulminato mercúrico $\text{Hg}(\text{OCN})_2 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ | $699.65 \frac{\text{mg Hg}(\text{OCN})_2 \cdot 0.5 \text{H}_2\text{O}}{l_{AGUA}}$ (a 12 °C) | | |
| | El mercurio elemental (Hg^0) es soluble en ácidos oxidantes como el ácido nítrico (HNO_3), ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y agua regia ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$). Es insoluble en ácido clorhídrico (HCl). El vapor de mercurio es más soluble en plasma, sangre y hemoglobina que en agua destilada o en solución salina isotónica. Su vida media en sangre es de 70 días. El mercurio y los alkilmercuriales (metilmercurio, etilmercurio) presentan gran afinidad por los grupos sulfhidrilos. | | | |
| Constante de ley de Henry (H) | La constante de Henry calculada para el mercurio elemental (Hg^0) $H = 28195.24 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol}}$ (a 25 °C en atmósfera saturada), indicando alta afinidad de los vapores mercuriales por el compartimiento aire, lo que constituye un factor de riesgo humano y ambiental por la toxicidad de los mismos. La rata de evaporación es de 5.8 mg/hora/cm ³ . En aire saturado se encuentran hasta 13 mg/m ³ (720 mayor a los 0.025 mg/m ³ establecidos para salud ocupacional ACGIH). El mercurio en su estado metálico (H^0) o metilado (CH_3Hg) en medio acuoso tratará de acumularse en sedimentos u organismos acuáticos | | | |

Tabla 2. Compuestos de mercurio y sus principales usos

| NOMBRES | USOS |
|---|--|
| Mercurio metálico o elemental (azogue) | |
| Mercurio metálico (Hg^0) | <ul style="list-style-type: none"> - Industria cloro-alkalina - Minería del oro - Equipos eléctricos (pilas, baterías, interruptores, acumuladores) - Fabricación de máquinas e instrumentos científicos y de laboratorio, termómetros, pirómetros e higrómetros, pluviómetros - Cementos, amalgamas, usados en odontología y demás productos de obturación dental - Productos químicos para fotografía, de películas, placas sensibilizadas y papeles fotográficos - Recuperación, fundición y fabricación de artículos de cinc y aleaciones - Artículos laminados, estirados y extruidos de cinc y sus aleaciones - Lámparas y tubos de rayos ultravioleta o infrarrojo - Lámparas y tubos de descarga, fluorescentes, de cátodo caliente o de otro tipo |

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 6 de 24 V00

| NOMBRES | USOS |
|---|--|
| Mercurio inorgánico o sales | |
| Sulfuro de mercurio HgS (Bermellón) | Pintura artística, instrumental científico, aparatos eléctricos, ortodoncia |
| Oxido mercúrico HgO (Oxido rojo - amarillo) | - Pilas y baterías eléctricas - Pomadas antisépticas - Pinturas protectoras para el casco de navíos (acción germicida) - Catalizador de reacción - Germicida, fungicida, pesticida (prohibido) |
| Cloruro Mercurioso HgCl (Calomel) | Pomadas antisépticas, porcelana amalgamada, electrodos, insecticidas, germicidas, pinturas nacaradas, fuegos artificiales, purgante, diurético y antihelmíntico |
| Cloruro Mercúrico HgCl ₂ (Sublimado) | Corrosivo usado como desinfectante, curtido del cuero, conservación de madera, despolarizador de baterías secas, galvanoplastia, grabado de acero, fotografía, catalizador en reacciones orgánicas, preservación de partes anatómicas, embalsamado y reactivo en química analítica |
| Cloro amiduro de mercurio Cl(NH ₂)Hg | Industria cosmética y farmacéutica |
| Mercurio de amonio | Cremas cutáneas blanqueadoras |
| Fulminato de mercurio Hg(CON) ₂ | Detonador de armas de percusión, corrosivo y venenoso |
| Mercurocromo (Pthaleina mercuria) | Tinturas antisépticas |
| Meraluride, mercurofilina, mercaptomerin, P-fenol sulfonato de mercurio | Diuréticos y biocidas |
| Acetato de fenilmercurio C ₆ H ₅ HgO ₂ | Biocida y fungicida (TWA 0.1 mg/m ³ ACGIH 1990-1991) |
| Nitrato de mercurio Hg(NO ₃) ₂ | Dorados metálicos al calor y para ennegrecer el cobre, operación de fieltreado en la fabricación de sombreros de fieltro |
| Tiocianato de mercurio Hg(SCN) ₂ | Intensificador en fotografía, fabricación de juguetes |
| Mercurio orgánico | |
| Cloruro de etilmercurio CH ₃ CH ₂ HgCl. | Tratamiento de semillas de algodón y lino |
| Metil mercurio (CH ₃ Hg) | Fungicida en el tratamiento de granos y semillas |
| Acetato de metilmercurio CH ₃ COOHgCH ₃ | Tratamiento de semillas en general |
| Timersal (COO-Na+(C ₆ H ₄)(S-Hg-C ₂ H ₅)) | Agente bacteriostático análogo al merthiolate |
| Sulfato de metilmercurio | Tratamiento de semillas en general |
| Acetato de amonio dimetilmercurio | Tratamiento de semillas (acción nematocida) |
| Cloruro de metoxietilmercurio | Cereales, remolacha, papa y hortalizas |
| Acetato metoxietilmercurio | Tratamiento de semillas |
| Citrato de etoxietilmercurio | Tratamiento de semillas |
| Acetato de fenilmercurio | Moteado del manzano y pera |
| Hidroximercuri-clorofenol | Tratamiento de semillas |
| Fenil-mercuri-urea | Tratamiento de semillas |
| Fenil-mercuri-trietanolamonio | Césped |
| 8-Hidroxiquinoleato de metilmercurio | Plantas Ornamentales |
| Metil-mercuri-diciandiamida | Tratamiento de semillas |
| N-Etil-mercuri-toluensulfoanilida | Tratamiento de semillas |

Fuente: Seminario Internacional sobre clínica del Mercurio ⁴²

Valores límite de referencia

- **Valores límites de exposición ambiental (VLA).** Establecidos como criterio para evaluación de riesgo relacionada con la concentración de agentes químicos en los compartimientos

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 7 de 24 V00

ambientales (agua, suelo, aire). El **Valor límite umbral (TLV)** de una sustancia química es un nivel al que se cree un trabajador puede estar expuesto día tras día durante toda una vida de trabajo sin efectos adversos para la salud. Es un término **recomendado a manera de guía** por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) y no debe confundirse con los límites de exposición permitidos (PEL) reglamentados por la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), aunque éstos últimos se basan en dicha recomendación. El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) recomienda límites de exposición pública (REL) que OSHA tiene en cuenta al reglamentar nuevos límites de exposición. Los TLV junto con los índices de exposición biológica (BEIs) se publican anualmente por la ACGIH y son susceptibles de modificación con base en las nuevas investigaciones, la evaluación del riesgo de nuevas sustancias, los métodos de análisis de laboratorio y el refinamiento de los límites de detección y la sensibilidad de los equipos de análisis instrumental.

El TLV se define como la concentración de sustancias química en el aire, generalmente por inhalación o exposición de la piel. Sus unidades están en partes por millón (ppm) para gases y en miligramos por metro cúbico (mg/m^3) de partículas tales como polvo, humo y niebla. Hay tres tipos de TLV para las sustancias químicas se definen:

1. TLV-TWA. Valor límite umbral que indica el tiempo promedio ponderado de exposición media sobre la base de 8 h/día, horario de trabajo 40h/semanales durante toda una vida de trabajo sin efectos adversos
 2. TLV-STEL. Valor límite umbral que indica la exposición in situ (a corto plazo) con una duración de 15 minutos, que no se puede repetir más de 4 veces por día con intervalos de 60 minutos entre las exposiciones repetidas en este rango sin efectos adversos
 3. TLV-C. Valor límite umbral que indica el límite máximo o límite de exposición absoluta de que no debe superarse en cualquier momento
- **Valores límite biológicos.** Establecidos como criterio de evaluación del grado de exposición a los agentes químicos.
 - **Límites de exposición profesional.** Establecidos dentro de parámetros de higiene industrial como criterio evaluación de los riesgos inherentes a la exposición (principalmente por inhalación) a los agentes químicos presentes en los puestos de trabajo. Algunos organismos consideran como Límites de Exposición Profesional los valores límite ambientales, utilizando como complemento los valores Límite Biológicos (VLB®) como indicador de exposición.

Los valores Límite Biológicos no constituyen una barrera definida de separación entre situaciones seguras y peligrosas. Los Límites de Exposición Profesional se establecen para su

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 8 de 24 V00

aplicación en la práctica de la Higiene Industrial y no para otras aplicaciones. Así, por ejemplo, no deben utilizarse para la evaluación de la contaminación medioambiental de una población, de la contaminación del agua o los alimentos, para la estimación de los índices relativos de toxicidad de los agentes químicos o como prueba del origen, laboral o no, de una enfermedad o estado físico existente.

Tabla 3. Valores límite de referencia

| Matriz del mercurio | Límite | Observación | Institución |
|--------------------------------|-------------------|--|---|
| Límites Biológicos | | | |
| Sangre | ≤ 20 µg /l | Expresado como mercurio total | CTQ (Centro Toxicológico de Québec) |
| Orina | ≤ 50 µg /l | Expresado como mercurio total | CTQ (Centro Toxicológico de Québec) |
| Cabello | ≤ 5 µg /g | Expresado como mercurio total | OMS (Organización Mundial de la Salud) |
| Liberado de amalgamas dentales | 3 – 7 µg Hg / día | Una amalgama contiene aproximadamente 50% de mercurio metálico, 35% de plata, 9% de estaño, 6% de cobre y pequeñas cantidades de cinc. El mercurio de amalgamas dentales puede contribuir hasta más del 75% de la exposición total diaria al mercurio. | OMS (Organización Mundial de la Salud) (d) |
| Límites en Agua | | | |
| Agua potable | < 1 µg/l | Concentración Máxima Aceptable (MAC) | Canada Drinking Water Standards and Criteria |
| Agua potable | 6.0 µg/l | Concentración de mercurio orgánico | WHO Water Quality Criteria |
| Agua potable | 2 ppm o ppb | 2 partes de mercurio por mil millones de partes de agua (partes por billón) | EPA |
| Agua potable | 0,001 mg/l | | Resolución 2115-2007 Colombia, OMS ²⁵ , EU, Canadá, Japón ²⁷ , Alemania ²⁶ |
| Agua potable | 0.002 mg/l | | Dec 1594 de 1984 Art 38, EEUU/EPA Safe drinking water act PL93-523 40 CFR 302.4 ²⁶ |
| Agua segura | 0.001 mg/l | Concentración Máxima Aceptable (MAC) | Canada Drinking Water Standards and Criteria |
| Agua segura | 0.002 mg/l | | Resolución 2115-2007 Colombia, |
| Agua dulce | < 0.77 µg/l | Criterio de calidad para exposición continua | U.S. National Water Quality Criteria |
| Agua dulce | 1.40 µg/l | Criterio de calidad para pico máximo | U.S. National Water Quality Criteria |
| Agua salada | 0.94 µg/l | Criterio de calidad para exposición continua | U.S. National Water Quality Criteria |

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 9 de 24 V00

| | | | |
|--|-----------------------------------|--|---|
| Agua salada | 1.80 µg/l | Criterio de calidad máxima | U.S. National Water Quality Criteria |
| Agua consumo humano | 0.30 µg/l | Consumo humano de organismos de recursos de agua | U.S. National Water Quality Criteria |
| Agua superficial | < 5 ppt, (ng Hg/l) | 5 partes de Hg por trillón de partes de agua, los ppb y ppt americanos son 10 ⁹ y 10 ¹² respectivamente, aproximadamente 1000 veces más bajos que las normas establecidas para el agua potable | U.S. National Water Quality Criteria (d) |
| Agua superficial | < 3 µg/l | Para ganadería | Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Water Uses |
| Agua superficial | 0,0005 mg/l | Límite para tratamiento natural | Comunidad Europea, Alemania ²⁶ |
| Agua superficial | 0,001 mg/l | Límite para tratamiento físico y químico | Comunidad Europea, Alemania ²⁶ |
| Agua de riego | 0,002 mg/l | | Alemania ²⁶ |
| Agua uso pecuario | 0.01 mg/l | Para uso pecuario | Decreto 1594 de 1984 |
| Agua residual | 0.01 mg/l | Vertimiento a red de acueducto | Resolución 3957 de 19-6-2009 Bogotá D.C. |
| Agua residual | 0.00025 mg/l | Vertimiento a corriente principal | Resolución 3956 de 19-6-2009 Bogotá D.C. |
| Límites en Aire | | | |
| Hg exposición no laboral | 0.001 mg/m ³ | | EPAA |
| Hg en aire de zonas urbanas | 10 - 20 ng Hg/m ³ aire | | Decreto 602 de 1998 (d) |
| Hg en aire de zonas suburbanas | 6 ng Hg/m ³ aire | | Decreto 602 de 1998 (d) |
| Hg orgánico en aire de áreas de trabajo | 0.1 mg/m ³ | Metálico y compuestos alquílicos | ACGIH (OSHA) |
| Límite máximo permisible | < 1 µg/m ³ | Mercurio inorgánico 1 año de exposición (Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión en condiciones de referencia) | Resolución 601 4-4-2006 Colombia |
| Vapor Hg ⁰ (metálico) en aire de áreas de trabajo | 0.05 mg/m ³ | Vapor de mercurio metálico en jornadas de 8 horas diarias y 40 horas semanales | OSHA |
| Lugar de trabajo | 0.01 mg/m ³ | Valor TWA para compuestos orgánicos | ACGIH / EEUU ²⁸ |
| Lugar de trabajo | 0,01 mg/m ³ | Valor MAK para compuestos orgánicos | Alemania ²⁹ |
| Lugar de trabajo | 0,025 mg/m ³ | ACGIH / EEUU [valor TLV] | 30 |
| Lugar de trabajo | 0,03 mg/m ³ | Valor STEL para compuestos orgánicos | EEUU ²⁷ |
| Lugar de trabajo | 0,1 mg/m ³ | Valor MAK para Hg metálico | Alemania ²⁹ |
| Límites en Suelo | | | |
| Mercurio en suelo | 20 - 625 ppb Hg/Kg suelo | 20 - 625 partes de Hg por billón de partes de suelo. | No se |
| Suelo | 0,3 mg/kg | | Países Bajos ³² |
| Suelo | 0,8 mg/kg | | Suiza ³³ |
| Suelo | 1,0 mg/kg | | Gran Bretaña [huertas] ³⁴ |

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 10 de 24 V00

| | | | |
|------------------------------|--------------|---|--|
| Suelo | 1,5 mg/kg | | Gran Bretaña [jardines privados] ³⁴ |
| Límites en Alimentos | | | |
| Mariscos | 1 ppm | 1 parte de metilmercurio por cada millón de partes de pescados y mariscos | Administración de Alimentos y Drogas (FDA) de EU |
| Consumo humano (Hg orgánico) | 0,2 mg/sem. | Consumo máximo semanal de Hg orgánico | OMS ³⁵ |
| Consumo humano | 0,3 mg/sem. | Consumo máximo semanal de Hg total | OMS ³⁵ |
| Consumo humano | 0,021 mg/día | Limite de exposición | EEUU / US ³⁶ |
| Leche, queso | 0,01 mg/kg | | Alemania ³⁷ |
| Huevos, carne, pollo | 0,03 mg/kg | | Alemania ³⁷ |
| Embutidos | 0,05 mg/kg | | Alemania ³⁷ |
| Higado, riñones | 0,1 mg/kg | | Alemania ³⁷ |
| Pescados y mariscos | 0,3 mg/kg | | Comunidad Europea ³⁸ |

| | | |
|------------------------------------|---|---------------------------------------|
| LAU-BW, 1989 en: GTZ ²⁵ | ACGIH Threshold Limit Value (1994) en TEE ³⁰ | Sauerbeck 1986 en: GTZ ³⁴ |
| DVGW, 1985 en: GTZ ²⁶ | OSHA: 29 CFR 1910.1000 (1993) en: TEE ³¹ | Clark, 1992 en: EDF ³⁵ |
| MERIAN, 1984 en: GTZ ²⁷ | Terra Tech 6/94 en: GTZ ³² | Eisler 1987 en: EDF ³⁶ |
| ACGIH 1984 en: GTZ ²⁸ | BAFUB 1987 en: GTZ ³³ | Grossklaus 1989 en: GTZ ³⁷ |
| DFG 1994 en: GTZ ²⁹ | | CE 1986 en: EDF ³⁸ |

A. Grupos expuestos

El riesgo en humanos proviene de la exposición a fuentes ambientales o artificiales. En cuanto al riesgo para la salud humana, los compuestos mercuriales más importantes a tener en cuenta son los vapores de mercurio y el metilmercurio (OMS 1978).

Las poblaciones de alto riesgo de intoxicación son aquellas que tienen más probabilidad de exponerse a niveles peligrosos de este metal o aquellas que por sus condiciones de salud (enfermedades) aumentan el riesgo de intoxicación. A continuación se incluye un listado de poblaciones que se consideran en riesgo de exposición (4,5).

- Trabajadores expuestos a mercurio en el área de odontología, población minera que amalgama el oro, técnicos reparadores de equipos de medición, plantas de cloro-álcali, etc.
- Población general circunvecina a fuentes de mercurio
- Poblaciones de regiones donde el mercurio ha contaminado el medio ambiente (agua, suelos, flora, fauna).
- Personas que se alimentan de pescados y mariscos. Los compuestos de mercurio han sido responsables de intoxicaciones masivas debido a su presencia como contaminante en los alimentos (Minamata 1952, Iraq 1956). La capacidad de algunos organismos marinos de convertir el mercurio elemental a metilmercurio y almacenarlo hacen que la ingestión de pescado sea una de las vías más frecuentes de exposición al mercurio en la población general.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 11 de 24 V00

- Personas que usan de forma prolongada de antisépticos (merthiolate, mercuriocromo, oxido de mercurio) o cosméticos (cremas despigmentadoras, Queiroz 1995) que contienen mercurio.
- Personas con enfermedades neurológicas, renales o broncopulmonares
- Gestantes, recién nacidos o niños pequeños.

B. Toxicocinética: absorción, distribución y eliminación de los compuestos mercuriales

Mercurio metálico. El 80% de la absorción de esta forma de mercurio se efectúa principalmente a través de inhalación de sus vapores. En su forma líquida, 0,01% puede ser absorbido por la vía digestiva. Aunque la absorción por la vía dérmica se puede presentar, se desconoce la proporción exacta. Una vez ha llegado a los pulmones, el vapor de mercurio se distribuye por la sangre y se acumula en el cerebro y los riñones en altas concentraciones. La piel, el pelo, el hígado, las glándulas salivales, los testículos y el intestino muestran presencia de mercurio, pero en menor cantidad; además, atraviesa fácilmente la barrera hematoencefálica y placentaria.

Mercurio inorgánico o sales de mercurio. Se absorbe a través de la vía digestiva (2 a 15%) y en ocasiones también por inhalación. Gran parte se deposita en el riñón y el resto en el hígado, tracto gastrointestinal, bazo y testículos. La afinidad del mercurio metálico y de las sales mercuriales por el riñón se debe a la presencia en él de una proteína de bajo peso molecular (la metalotioneína), que tiende a unirse activamente con el mercurio. No atraviesa la barrera hematoencefálica; solo trazas pueden alcanzar el cerebro. Causa insuficiencia renal aguda por daño tubular renal.

Mercurio orgánico. De los compuestos orgánicos el más importante es el metilmercurio, dado que al contaminar fuentes de agua puede acumularse en las especies acuáticas. Una vez absorbido por la vía gastrointestinal (95%), se deposita principalmente en hígado y cerebro, aunque también en otros órganos. Es altamente liposoluble y atraviesa las membranas biológicas, la barrera hematoencefálica y la placenta. Su eliminación se efectúa a través de heces y orina (4,5,6).

C. Manifestaciones clínicas de la intoxicación mercurial

El mercurio y sus compuestos pueden causar varios daños a la salud, tanto en situaciones de exposición aguda como crónica. Por su afinidad con los grupos sulfidrilos, los cuales están presentes en proteínas y sistemas enzimáticos en diversos tejidos y órganos, las manifestaciones clínicas de la intoxicación pueden ser muy variadas de acuerdo al tipo compuesto mercurial. En la tabla 3 se resumen los principales efectos de cada tipo de intoxicación.

Tabla 3. Efectos de los tipo de intoxicación (aguda y crónica).

| Tipo intoxicación | Compuesto | Efecto |
|---|---|--|
| <p>Aguda. Caracterizada por la aparición de efectos en las primeras 24 horas de la exposición. Ha sido vinculada con altas concentraciones de vapores de mercurio y sales mercuriales, sobretodo en población trabajadora. Esta intoxicación induce la aparición de efectos nocivos sobre el sistema nervioso, digestivo, respiratorio y renal.</p> | <p><i>Intoxicación aguda con vapor de mercurio</i></p> | <p>Tos, disnea, mareos, espasmos musculares, temblor, hipertermia, traqueobronquitis, bronquitis aguda, neumonitis química, insuficiencia respiratoria, ceguera súbita, irritabilidad, nerviosismo, delirios, alucinaciones, tendencia suicida, ataxia, disartria parestesias (manos, pies, boca), pérdida de la audición, disminución del campo visual, coma y muerte</p> |
| | <p><i>Intoxicación aguda con sales de mercurio:</i></p> | <p>Estomatitis, gingivitis, sialorrea, úlcera mucosa oral, dolor retroesternal, epigastralgia, disfagia, vómito, diarrea, deshidratación, choque hipovolémico, gastroenteritis aguda, caída de piezas dentales, insuficiencia renal, anuria y la muerte.</p> |
| <p>Crónica. Es la exposición continua o repetida por tiempo prolongado a bajas dosis de un agente. Los síntomas aparecen meses o años después de la exposición. Constituye el llamado hidrargirismo o mercurialismo y es la forma más habitual de intoxicación crónica en la población ocupacional y la que mayor número de personas ha afectado. La principal vía de exposición se debe a la inhalación de vapores de mercurio. Sin embargo, otro compuesto mercurial involucrado en la exposición es el metilmercurio, la exposición a esta sustancia se da actualmente por el consumo de pescado contaminado con este compuesto (7, 8, 9), (tabla 2).</p> | <p><i>Intoxicación crónica con vapor de mercurio</i></p> | <p>Sistema nervioso: Trastornos psíquicos: irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio y depresión, cuadro denominado eretismo mercurial. El signo más característico (aunque no es el más precoz) es el temblor que puede iniciar en la lengua, labios, párpados y dedos con alteración en la escritura, marcha, neuropatía periférica (trastornos sensitivos en manos y pies) y reducción del campo visual.</p> |
| | | <p>Digestivo. Estomatitis mercurial con salivación excesiva, dolor gingival, úlceras en mucosa oral, caída prematura de los dientes, halitosis, ribete grisazulado, sabor metálico. Además se pueden presentar nauseas, vómito y diarrea</p> |
| | | <p>Ocular: Reflejo parduzco en la cápsula anterior del cristalino (signo de Akinson) y disminución del campo visual.</p> |
| | | <p>Renal: Proteinuria moderada, lo que sugiere la existencia de lesiones glomerulares y tubulares; en ocasiones se desarrolla un síndrome nefrótico.</p> |
| | | <p>Otras alteraciones. Dermatitis de contacto, papulosas e hiperqueratósicas observadas en trabajadores.</p> |
| | <p>Efectos teratogénicos, mutagénicos y cancerígenos. Atraviesan la barrera placentaria y pueden producir aborto espontáneo, mortinatos y malformaciones congénitas, aunque no es clara su posible acción teratógena. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) no clasifica el mercurio metálico o sus compuestos inorgánicos como cancerígenos (clasificación grupo 3D).</p> | |
| <p><i>Intoxicación crónica por metilmercurio</i></p> | <p>Efectos en el sistema nervioso central: Periodo prodrómico de 2 semanas a 2 meses con astenia, adinamia, apatía, miedo, depresión y deterioro intelectual. Posteriormente, hay parestesias en extremidades distales, lengua y boca. En un estado más avanzado hay ataxia, disartria, parálisis motoras, diplopía, campo visual estrecho, ceguera, sordera, temblor intencional, espasticidad, parálisis y puede sobrevenir el coma o la muerte.</p> | |
| | <p>Embriotoxicidad: Intoxicación por exposición prenatal: retardo en el desarrollo motor, alteración psicológica, incoordinación motora, ataxia, movimientos involuntarios, paresias, parálisis muscular, pérdida de la audición o ceguera. Intoxicación por exposición postnatal: Trastornos mentales, alteraciones en la sensibilidad, parestesia distal en extremidades, lengua y labios. En casos graves se observa estrechamiento del campo visual, ceguera y alteraciones auditivas.</p> | |
| | <p>Mutagenicidad y carcinogenicidad: El metilmercurio es un potente agente mutagénico; algunos estudios muestran la presencia de aberraciones cromosómicas con la exposición a este compuesto.</p> | |

D. Tratamiento de la intoxicación mercurial

Inhalación de vapores de mercurio metálico

- Retirar a la víctima del ambiente contaminado, dar suplemento de oxígeno húmedo y observarla por varias horas ante el posible desarrollo de neumonitis o edema pulmonar agudo.
- No inducir vómito, no hacer lavado gástrico ni administrar carbón activado.
- Exámenes a solicitar: mercurio en sangre y en orina de 24 horas, pH y gases arteriales y Rx tórax.
- En caso de ingestión de grandes cantidades de mercurio líquido metálico con evidencia radiológica (Rx abdomen-el mercurio metálico es radio-opaco) o elevación de niveles sanguíneos o urinarios de mercurio, puede ser necesario la administración de catártico o irrigación intestinal total.
- Si se inicia quelación con penicilamina se requiere monitoreo hematológico, renal y hepático al inicio y final del tratamiento.

Ingestión de sales de mercurio

- Anticiparse a una grave gastroenteritis y tratar el shock agresivamente con reemplazo de líquidos endovenosos. Dar tratamiento de soporte para falla renal, la cual es usualmente reversible, aunque en algunas oportunidades se requiere hemodiálisis.
- Lavado gástrico con solución salina normal (0,9%) en las dos primeras horas pos-ingestión, 200cc (o 10cc/Kg en niños) cada vez hasta que el contenido gástrico salga claro y administración de carbón activado.
- Exámenes: mercurio en orina de 24 horas y sangre, cuadro hemático ionograma, BUN, creatinina. Realizar endoscopia para valorar los daños en el tracto gastrointestinal.
- Iniciar quelación con penicilamina 250ms cada 8 horas por 10 días.

Ingestión de mercurio orgánico

- Lavado gástrico con solución salina normal en las dos primeras horas pos-ingestión, 200cc (o 10cc/Kg en niños) cada vez hasta que el contenido gástrico salga claro.
- Dar tratamiento sintomático.
- En caso de intoxicación por metilmercurio hay estudios que sugieren que el succimer oral puede ser útil y la N-acetil-cisteína podría ser efectiva para disminuir los niveles en tejidos y aun en el cerebro a dosis de 140 mg/k como dosis de carga por vía oral y continuar con 70 mg/k cada cuatro horas hasta completar 17 dosis (10, 11, 12).

E. Antídotos

Dimercaprol (BAL o British antilewisita): es un agente quelante, utilizado en las intoxicaciones por sales inorgánicas de mercurio en dosis de 3mg/kg de peso vía intramuscular cada cuatro

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 2 de 24 V00

horas por dos días y continuar con 3 mg/kg de peso cada 12 horas durante siete a 10 días si el paciente persiste sintomático o los niveles permanecen altos. No debe administrarse por vía intravenosa, únicamente intramuscular. Debido a que el BAL puede redistribuir el mercurio hacia el cerebro al extraerlo de otros tejidos, se prefiere no utilizarlo en casos de intoxicación por mercurio metálico o metilmercurio.

Penicilamina (cuprimine): es un agente quelante derivado de la penicilina como metabolito que no tiene actividad antimicrobiana pero que es efectivo para atrapar metales por los grupos SH que contiene. El tratamiento para mercurio se utiliza después de la terapia inicial con BAL, o en caso de intoxicaciones crónicas, moderadas o leves por mercurio metálico o inorgánico. Se administra en dosis de 250 mg vía oral cada seis a ocho horas o 100 mg/kg por día durante 10 días (15 – 30 mg/kg/día dividida en tres dosis). Se toman análisis de laboratorio para determinar niveles de mercurio en sangre y en orina; si sobrepasa 20 ug/L en sangre o 50 ug/L en orina debe darse un segundo ciclo de penicilamina por 10 días con nuevo control hasta obtener niveles normales. Presentación en cápsulas por 250 mg. Se debe adicionar suplemento diario de piridoxina (10).

8.1.2. Caracterización epidemiológica

La utilización del mercurio como elemento desinfectante o antiplaguicida en semillas almacenadas y su posterior utilización como alimento para humanos ha sido responsable de los episodios de intoxicación masiva por compuestos mercuriales orgánicos en comunidades de diferentes países, tal como sucedió en Irak (1956) con más de 6.500 personas afectadas y 459 muertes. Los intoxicados presentaron parestesia, ataxia, sordera y alteración visual. Países como Pakistán, Guatemala y Yugoslavia también se vieron afectados por similares situaciones en años posteriores.

A partir del accidente en que grandes cantidades de mercurio inorgánico fueron vertidas en la bahía de Minamata, Japón, por una fábrica de cloruro de vinilo entre 1949 y 1953, el mercurio ha sido probablemente la primera sustancia en recibir reconocimiento mundial como contaminante ambiental. Al ser depositado en el agua, el compuesto se transformó en metilmercurio por acción de microorganismos, y se acumuló en peces y mariscos consumidos después por los pobladores de la zona. Después de los años 50, la población empezó a enfermar, los niños nacían con malformaciones congénitas (enfermedad fetal de Minamata), e incluso los gatos, animales de crianza y domésticos, enfermaron (1,4). Durante varios años estas afecciones quedaron sin diagnosticar, hasta 1968 cuando el gobierno Japonés anunció oficialmente que la causa de la enfermedad era la ingestión de pescado y mariscos contaminados con mercurio. La intoxicación afectó a más de 2.000 personas, de las cuales fallecieron aproximadamente 1.000. Un episodio similar tuvo lugar en Niigata (Japón) en 1965.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 3 de 24 V00

Más recientemente la contaminación por mercurio ha sido descrita en la cuenca fluvial del Amazonas, donde el mercurio es utilizado para amalgamar el oro.

Aunque existen varias fuentes de mercurio (Hg), la extracción de oro se considera la fuente más importante de contaminación por Hg en América Latina. Se estima que en 1996 se emplearon 100 toneladas de Hg en América Central y América del Sur para la extracción de oro artesanal. Se calcula que entre 1977 y 1992 se descargaron alrededor de 1.500 a 3.000 toneladas de Hg en el ecosistema del Amazonas (PNUMA 2002).

La descarga de Hg en el río Amazonas y sus afluentes por la extracción de oro ha contaminado el sistema hídrico y el ecosistema a lo largo de las cuencas de Bolivia y Brasil. También se reportan actividades de extracción de oro artesanal en Colombia, Guyana, Nicaragua, Perú, Surinam y Venezuela, lo cual indica que la contaminación del ambiente con Hg es un problema generalizado en América Latina (PNUMA 2008).

En Brasil, más de dos mil toneladas de ese metal pesado fueron volcadas al ambiente por el "garimpo" (minería artesanal) desde 1980. Los resultados de un estudio realizado en habitantes de la región del río Tapajós en Brasil, indica que incluso las personas expuestas a niveles de mercurio por debajo del umbral considerado como seguro por la Organización Mundial de la Salud (OMS) pueden sufrir algún daño neurológico. Dicho estudio también revela que la deforestación es la principal causa de exposición de estas personas al mercurio. Esto se debe a que el mercurio que se ha acumulado en el suelo por miles de años se está liberando a los arroyos y vías acuáticas a través de la erosión de los suelos causada por la deforestación masiva.

La contaminación de mercurio en Colombia es originada en los procesos de beneficio del oro en los que el mineral que contiene el metal precioso es extraído al unirse con el mercurio, formándose la amalgama; durante este proceso se producen derrames de mercurio a los cuerpos de agua y al medio ambiente. Posteriormente, la amalgama obtenida es quemada a campo abierto dejando el oro y liberándose los vapores tóxicos de mercurio a la atmósfera. Todas estas actividades se realizan muy cerca de las viviendas de los mineros, de tal forma que las familias respiran gran parte del vapor de mercurio volatilizado. Incluso poblaciones alejadas pueden afectarse por la movilización de esta sustancia.

Aunque en Colombia la principal fuente de contaminación proviene del proceso de beneficio del oro, la presencia del mercurio como contaminante se dio a conocer por primera vez en el país en 1976 en un estudio del Comité de Protección Ambiental de la Bahía de Cartagena (COPAC) que evidenció la presencia de mercurio en mariscos, peces, agua y sedimentos (niveles de mercurio de 32 ppm) debido a los desechos de mercurio vertidos desde la planta electrolítica de álcalis de Colombia (13, 14).

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 4 de 24 V00

La intoxicación crónica por mercurio preocupa a la comunidad científica debido a las alteraciones neurotóxicas que ocasiona, las cuales se manifiestan inicialmente como cambios sutiles en el comportamiento del individuo. Esto se ha convertido en un reto para el personal médico (Maizlish, 1994; Powell, 2000), ya que si no se sospecha la intoxicación está puede progresar a daño neurológico irreversible, dejando secuelas incapacitantes (Mergler, 2002). Estudios realizados en poblaciones expuestas (ocupacional y población general) a mercurio han permitido establecer su relación en el desarrollo de estas manifestaciones (Fawer *et al* 1983, Piikivi 1989, Marh *et al* 1987).

El estudio neuroepidemiológico y toxicológico de los contaminantes del río Suratá realizado en la población minera de esa región (Santander, 1992) planteó la posible relación de la exposición crónica a mercurio con la presencia de enfermedades neurológicas (15). Tirado *et al* (2000) sugieren que esta forma de exposición puede causar déficit neuropsicológico y de comportamiento en las personas (16). En 1995, Olivero *et al* reportaron que los habitantes del sur de Bolívar presentaron signos de intoxicación mercurial como temblores en manos, alteraciones neurológicas y problemas visuales, entre otros. En esta región también han sido reportados casos de malformaciones congénitas frecuentes, aunque sin evidencia de asociación con la exposición mercurial.

Debido a la problemática en salud pública que está ocasionando el mercurio, es importante iniciar el programa de vigilancia epidemiológica de la intoxicación mercurial para verificar la cantidad de personas afectadas y tomar las acciones en salud pública oportunas. Para ello se requiere de la participación interinstitucional integral, pues este evento hace parte de un problema ambiental. Los departamentos identificados con esta problemática tendrán una participación principal con el fin de proteger a sus poblaciones.

8.2. Estrategia

8.2.1. Vigilancia rutinaria

Es la vigilancia del evento a través de la notificación obligatoria semanal e individual de la presencia de casos por municipio y departamento, la cual operará en las unidades primarias generadoras de datos (UPGD) que conforman el sistema de vigilancia en salud pública (Sivigila).

Se debe realizar la notificación al Sivigila en forma individual y hacer seguimiento a brotes y alertas a través de informes e investigaciones de los brotes que se presenten en los diferentes entes territoriales.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 5 de 24 V00

8.2.2. Vigilancia activa

Es la búsqueda activa institucional de casos de intoxicación aguda por mercurio a partir de los registros individuales de prestación de servicios (RIPS de consulta externa, urgencias y hospitalización), historias clínicas, certificados de defunción del DANE y reportes de accidentes de trabajo.

Además, con la orientación adecuada se debe fomentar y recibir toda la información valiosa acerca de la presencia de casos recogida por la comunidad y no presentada en estas comisiones.

8.3. Información y configuración del caso

8.3.1. Definición operativa de caso

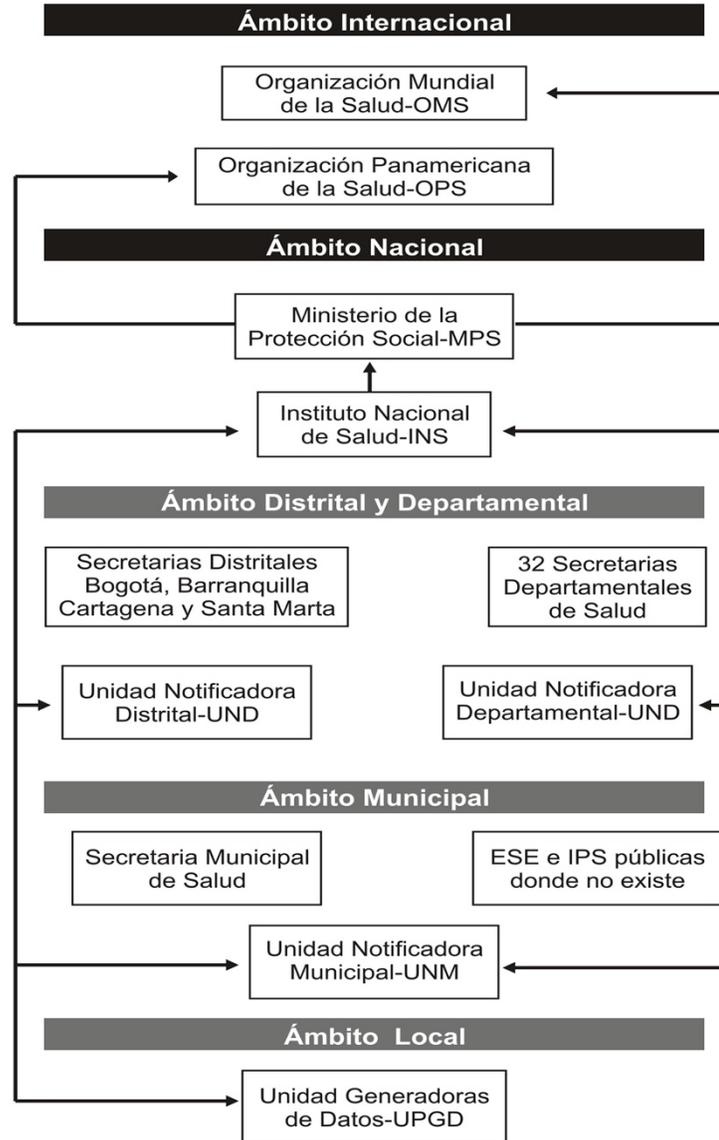
| Tipo de caso | Características | |
|------------------------------------|--|---|
| Confirmado por clínica | Antecedente de exposición aguda o crónica a compuestos mercuriales con manifestaciones clínicas como consecuencia de la exposición. | |
| | Tipo de exposición | Manifestación clínica |
| | Aguda | Vapor de mercurio: Tos, disnea, mareos, temblor, traqueobronquitis, bronquitis aguda, neumonitis química, insuficiencia respiratoria, delirios, ataxia, ceguera, coma Sales de mercurio: Estomatitis, gingivitis, sialorrea, dolor retroesternal, disfagia, vómito, choque hipovolémico, gastroenteritis aguda, insuficiencia renal. |
| | Crónica | Irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio, depresión, temblor (lengua, labios, manos y dedos), salivación excesiva, dolor gingival, úlceras en mucosa oral, ribete grisazulado, alteraciones renales. |
| Confirmado por laboratorio | Caso confirmado por clínica con determinación de niveles de mercurio en muestras biológicas. | |
| | Matriz biológica | Tipo de exposición |
| | Sangre Orina y cabello | Aguda Crónica |
| Confirmado por nexo epidemiológico | Caso confirmado por clínica que tiene relación con otro(s) caso(s) confirmado(s) por laboratorio, además de asociación en tiempo y lugar. | |
| Brote | Episodio en el cual dos o más personas presentan un cuadro clínico compatible con intoxicación aguda o crónica por cualquier compuesto mercurial en un mismo lugar o zona geográfica y en el que la investigación epidemiológica o los resultados de laboratorio involucren esta sustancia. | |

8.4. Proceso de vigilancia

El flujo de la información se genera desde la unidad primaria generadora de datos (UPGD) hacia el municipio y del municipio hasta el nivel nacional e internacional, y desde el nivel nacional se envía retroalimentación a los departamentos, de los departamentos a los municipios, así como desde cada nivel se envía información a los aseguradores.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 6 de 24 V00

8.4.1. Flujo de la información



8.4.2. Notificación

Las UPGD, caracterizadas de conformidad con las normas vigentes, son las responsables de captar y notificar con periodicidad semanal, en los formatos y estructura establecidos, la presencia del evento de acuerdo con las definiciones de caso contenidas en el protocolo.

Los datos deben estar contenidos en archivos planos delimitados por comas, con la estructura y características definidas y contenidas en los documentos técnicos que hacen parte del

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 7 de 24 V00

subsistema de información para la notificación de eventos de interés en salud pública del Instituto Nacional de Salud - Ministerio de Protección Social.

| Oportunidad en la notificación | Responsables |
|--|--|
| Inmediata | Todos los casos de intoxicación aguda por mercurio confirmados y definidos como parte de un brote o alerta epidemiológica se deben informar de manera inmediata (vía telefónica, fax o correo electrónico) desde la UPGD a la unidad notificadora municipal o distrital, para que se inicie la investigación de campo dentro de las 24 horas siguientes a la notificación. La unidad notificadora municipal configurará los brotes. Si el municipio no tiene la capacidad para atenderlo, se debe solicitar apoyo de manera inmediata al ámbito departamental o distrital y si es necesario al nacional. |
| Semanal | Los casos agudos o crónicos confirmados deben reportarse semanalmente de conformidad a la estructura y contenidos mínimos establecidos en el subsistema de información para la vigilancia del evento de manera individual, utilizando la ficha única de notificación para el evento. |
| Ajuste por período epidemiológico | La información de los casos notificados debe corregirse o ajustarse al sistema antes de cuatro (4) semanas calendario después de la notificación |

Ni las direcciones departamentales, distritales o municipales de salud, ni las entidades administradoras de planes de beneficios, ni ningún otro organismo de administración, dirección, vigilancia y control podrán modificar, reducir o adicionar los datos ni la estructura en la cual deben ser presentados en medio magnético, en cuanto a longitud de los campos, tipo de dato, valores que puede adoptar el dato y orden de los mismos. Lo anterior sin perjuicio de que en las bases de datos propias, las UPGD y los entes territoriales puedan tener información adicional para su propio uso.

Se entiende la notificación negativa para un evento como su ausencia en los registros de la notificación semanal individual obligatoria para las UPGD que hacen parte de la Red Nacional de Vigilancia.

8.5. Análisis de los datos

8.5.1. Indicadores

Ver anexo indicadores.

8.6. Orientación de la acción

8.6.1. Acciones Individuales

- Manejo médico hospitalario o ambulatorio del paciente según el tipo de intoxicación mercurial (aguda o crónica).
- Estudio de laboratorio de todos los casos con diagnóstico clínico de intoxicación mercurial; este análisis debe ser garantizado por la EPS del paciente.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 8 de 24 V00

- Notificación individual del caso mediante el diligenciamiento de la ficha única de notificación individual (datos básicos y complementarios).
- En los casos de intoxicación crónica por compuestos mercuriales, aplicar el instrumento del anexo 1.

8.6.2 Acciones Colectivas

- Manejo hospitalario o ambulatorio de los casos.
- Estudio de laboratorio de muestras biológicas a todos los contactos y muestras ambientales según se requiera.
- Capacitar al personal médico en el diagnóstico de la intoxicación mercurial aguda y crónica.
- Las poblaciones de riesgo identificadas a través de la vigilancia epidemiológica deben ser incluidas en estudios de investigación.
- Notificación individual de todos los casos mediante el diligenciamiento de la ficha de notificación del evento.
- En poblaciones en riesgo de exposición mercurial debe realizarse estudio por laboratorio y aplicar instrumentos previamente diseñados.
- Contribuir con el diseño de estrategias de información, educación y comunicación para la población general y ocupacional.
- Coordinar el trabajo conjunto con las instituciones involucradas en la vigilancia del evento para orientar acciones en salud pública.

8.6.3 Acciones de laboratorio

En este ítem se relacionan las instrucciones de toma, transporte y remisión de muestras de mercurio

Recomendaciones para la toma de muestras para determinación de mercurio en muestra biológica

- **Sangre venosa:**
 - Material: tubo de vidrio duro preferiblemente tipo Pyrex o similar con tapón de caucho, con lavado previo que garantice la asepsia. Adicione el preservativo correspondiente según el caso.
 - Jeringas: utilice jeringas desechables o sistemas al vacío (sistema venojet).
 - Paciente: para la toma de la muestra seleccione la vena más indicada, la que se palpe mejor, preferiblemente del brazo.
 - Coloque torniquete, teniendo en cuenta que la presión y el tiempo de aplicación de este no debe ser mayor de 30 segundos.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 9 de 24 V00

- Desinfecte el área de venopunción con alcohol yodado realizando la limpieza en movimiento circular de adentro hacia fuera.
- Una vez localizada la vena, asegúrese que haya una buena canalización que garantice un fluido rápido y fácil de sangre. Una punción incorrecta hace que se tire del émbolo aumentándose la posibilidad de hemólisis.
- Coloque sobre el sitio de la punción una torunda de algodón y ejerza presión para facilitar el proceso de coagulación. No aconseje al paciente flexionar el brazo.
- Transfiera la sangre al tubo. Para evitar hemólisis, quite la aguja y presione lentamente el émbolo de modo que la sangre fluya contra la pared interna del tubo.
- Identifique la muestra adecuadamente con un rótulo, el cual debe incluir el nombre del paciente, fecha y hora de recolección. En pacientes hospitalizados debe adicionarse el número de la historia clínica, servicio y cama.

Manejo de muestra en sangre. La muestra es recolectada en tubos vacutainer heparinizados o con EDTA. El volumen mínimo de muestra es 4 mililitros de sangre entera que contenga aproximadamente 1.5 uL de heparina de 500 UI o 10.5mg de EDTA como anticoagulante, homogeneizar por inversión suave del tubo para que haya distribución del mismo y no se afecte la muestra. Para el envío, la sangre entera se conserva a 4° C aproximadamente por un mes

- **Orina de 24 horas:**

El material utilizado preferiblemente debe ser frascos de vidrio color ámbar de boca ancha y tapa rosca con capacidad de 2.5 L, con tratamiento previo de descontaminación. Comience la recolección a una hora determinada y después de esta hora recolecte toda la orina en un frasco hasta el otro día a la misma hora en que se inicio la recolección. En caso de no ser suficiente un solo frasco utilice uno adicional. Durante la recolección mantenga siempre la muestra refrigerada y tenga la precaución de tener las manos limpias cada vez que destape el frasco para evitar una posible contaminación. Identifique los frascos anotando en un rótulo el nombre del paciente, examen a realizar, fecha y hora en que se inició y terminó la recolección. En pacientes hospitalizados debe acondicionarse el número de la historia clínica, servicio y cama.

La orina de una micción no es aconsejable en general por ser poco representativa, pero si no hay otra posibilidad sirve como indicativa.

Manejo de muestra en orina. Ingerir poco líquido el día antes de la recolección. La orina se recolecta en frascos color ámbar previamente lavados con una solución de HNO₃ al 10 %. Puede recolectarse una muestra de 1 L de orina de 24 horas o 50 mL de una sola micción. La muestra se conserva refrigerada a 4 ° C, aproximadamente un mes y no requiere preservante.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 10 de 24 V00

- **Cabello total:**

Seleccionar el mechón de cabello más largo y cortarlo lo más cercano posible a la raíz, péguelo con una cinta adhesiva a una hoja de papel especificando claramente cual él es segmento proximal o cercano a la raíz. Anote el nombre del paciente y la fecha en que se tomó la muestra en el mismo papel donde la fijó, guárdelo dentro de un sobre y envíelo al laboratorio.

Manejo de muestra en cabello.

Se corta un mechón de cabello aproximadamente de 5 mm de diámetro a raíz del cuero cabelludo. Se fija sobre una hoja de papel o cartón identificando la parte proximal (raíz), la parte media y la distal del cabello. La muestra se puede fraccionar en segmentos de 3 cm desde la parte proximal a la distal, dependiendo de la longitud del cabello y de los análisis requeridos. La cantidad mínima de muestra es de aproximadamente 50 a 100 mg. No requiere preservante

- **Mercurio agua:**

La muestra se recolecta en frascos de vidrio o plástico previamente lavados con detergente, agua y purgados con HNO_3 1:1 y finalmente lavados con agua destilada y desionizada. Colectar un volumen de 500 ml de agua preservándola inmediatamente con 1 mL de HNO_3 (pH 2) o 0.5 g de Persulfato de Potasio. Usualmente se requiere 1.5 ml de HNO_3 concentrado por litro de muestra o 0.5 gramos de persulfato de potasio. Es necesario preparar un blanco con el preservante utilizado empleando agua d.d. o agua bidestilada.

Si el contenido de mercurio es del orden de mg / L o ppm, la muestra es estable por 5 semanas en recipientes de vidrio y por 2 semanas si es recolectada en recipientes de plástico. Si los niveles son de ug / L o ppb, las muestras son estables por 48 horas manteniéndolas refrigeradas a 4 ° C.

REMISIÓN DE LAS MUESTRAS

- **Biológicas (sangre / orina)**

- Cuando no se tiene certeza de que las muestras llegarán al laboratorio dentro de la hora siguiente a la toma, es necesario tenerlas refrigeradas hasta su arribo al laboratorio.
- Utilice hielo común (agua congelada) contenido en bolsas plásticas o en recipientes especiales (ICE PACKS) para evitar el deterioro de los rótulos de las muestras. A no ser de que esté específicamente indicado. NUNCA CONGELE LAS MUESTRAS.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 11 de 24 V00

- Anexe a las muestras la orden médica y el resumen de historia clínica del paciente, describiendo los antecedentes toxicológicos y ocupacionales.
- Ambientales (pescado): Remítalas al laboratorio correspondiente especificando el sitio donde fueron tomadas.
- Para las muestras de agua identifique la fuente, el punto de muestreo y la temperatura en el momento de la toma (de ser posible el promedio "histórico" de la temperatura de la fuente).
- Envíe las muestras por el medio de transporte más rápido a: Grupo Salud Ambiental "Jaime Eduardo Ortiz Varón" - INS. Avda. El Dorado Calle 26 No 51-20, Zona 6, Bogotá D.C.
- Teléfonos 2220577 Ext. 448, 449, 450

CUADRO RESUMEN TOMA DE MUESTRAS MERCURIO

| Metal | Matriz | Observación | Recipiente | Cantidad | Preservación |
|----------|----------------|--|------------------------|--------------------------------|---|
| Mercurio | Sangre | Ninguna | Tubo de vidrio duro | 4 ml | 1 gota heparina / 10.5 mg de EDTA |
| | Orina 24 horas | Ingestión de poco líquido el día antes de la recolección | Tubo de vidrio ámbar | 1 L de 24h / 50 ml una micción | ninguno |
| | Cabello | Ninguna | Hoja de papel | 50 - 100 mg | ninguno |
| | Agua | Anotar si es agua cruda o tratada | Frasco Plástico | 500 ml | 0.50gr Persulfato de Potasio / 1ml HN03 concentrado por litro |
| | Pescado | La toma debe hacerse en un pescado entero | Frasco o tubo plástico | 3 - 5 g de la parte dorsal | refrigerado |

9. Referencias

1. Oliveros J. La contaminación con mercurio en el Norte de Colombia. En: El Lado Gris de la Minería en Colombia. Universidad de Cartagena 2002 ISBN: 958 - 33 - 3885 – 0. p. 123.
2. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente .Productos Químicos: Evaluación mundial sobre el mercurio. 2001. Ginebra. p. 303.
3. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Satisfacer la demanda futura de mercurio sin una extracción primaria de esa sustancia. Resumen del informe, 2008 Nairobi. p. 63.
4. Azevedo F. Toxicología do mercurio. Editorial Rima e Intertox, 2003 Brasil. ISBN 85- 86552-63-1. p. 272.

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 12 de 24 V00

5. Clarkson T, Magos L, Myers G. The Toxicology of Mercury-Current Exposures and Clinical Manifestations. Rev New England 2003. 349 (18): 1731-1737.
6. Repetto, M. Toxicología Avanzada. Editorial Díaz de Santos, 1995. ISBN 84-7978-201-3. p. 621.
7. Mercury Study Report to Congress, Volume V: Health effects of Mercury and Mercury compounds. United States Environmental Protection Agency. Estados Unidos. Diciembre 1997. p. 347.
8. Español, S. Toxicología del Mercurio Jornada Internacional sobre el impacto ambiental del mercurio utilizado en la minería aurífera en Iberoamérica. Perú 2001. p. 100.
9. Gutiérrez, M. Efectos tóxicos del mercurio. Revista de la Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia 1997. 45 (3):139-143.
10. Ministerio de la Protección Social. Metales y Metaloides. En: Guías para el Manejo de Urgencias Toxicológicas del Ministerio de la Protección Social. 2008. p. 255-59.
11. Peña L, Parra S, Rodríguez C, Zuluaga A. Intoxicaciones por Mercurio. En: Guía para el manejo del paciente intoxicado. Universidad de Antioquia 2009. p. 252-56.
12. Lauwerys R. Mercurio. En: Toxicología Industrial y Enfermedades Profesionales. Editorial Masson. Barcelona 1994. p. 150-168.
13. Podlesky E, Escobar J. Estudio de la contaminación con mercurio en la Bahía de Cartagena Colombia 197. p. 37.
14. Guerrero E, Restrepo M, Podlesky E. Contaminación por mercurio de la Bahía de Cartagena. Biomédica 1995; 14: 144-54.
15. Pradilla G. Informe final: Estudio Neuroepidemiológico y toxicológico de los contaminantes del río Suratá. Universidad de Santander 1992.
16. Tirado V, García M, Moreno J. Alteraciones neuropsicológicas por exposición ocupacional a vapores de mercurio en el Bagre Antioquia. Revista Neurología. Colombia. 2000. 31(8): 712-716.
17. Exposición a mercurio (azogue) metálico. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. EUA. p. 5.

10. Control de registros

| CONTROL DEL REGISTRO | | | | | | | | | |
|----------------------|--|------------------------------|------------------------------|---------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|---------|----------------------------|
| Identificación | | 1ª fase: archivo de gestion | | | | 2ª fase: disposición inicial | | | 3ª fase: disposición final |
| Cod. | Nombre | Ordenación documental | Responsable | Lugar | Tiempo de retención | Método usado | Responsable | Tiempo | Método utilizado |
| INT-R02.002.4040-009 | Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por mercurio | Orden cronológico y temático | Auxiliar servicios generales | Archivo SVCSP | 3 años | Orden cronológico y temático | Auxiliar administrativo | 15 años | Eliminación |

11. Control de revisiones

| Versión | Fecha aprobación | Responsable aprobación | Motivo de creación o cambio |
|---------|------------------|------------------------|-----------------------------|
|---------|------------------|------------------------|-----------------------------|

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 13 de 24 V00

| | aa | mm | dd | | |
|----|----|----|----|--|--|
| 00 | 09 | 07 | 01 | | |
| | | | | | |

12. ANEXOS

12.1. Anexo 1. Ficha única de notificación de la intoxicación por sustancias químicas

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 14 de 24 V00

12.2 Anexo 2. Instrumento de evaluación de exposición a mercurio

| INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A MERCURIO | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|--|
| Fecha | <input type="text"/> | | | | | | | | | |
| Municipio | <input type="text"/> | | | | | | | | | |
| Entrevistador | <input type="text"/> | | | | | | | | | |
| Nombre | <input type="text"/> | | | | | | Identificación | <input type="text"/> | | |
| Dirección | <input type="text"/> | | | | | | Teléfono | <input type="text"/> | | |
| Tipo de afiliación | Contributivo | <input type="checkbox"/> | 2. | Masculino | <input type="checkbox"/> | 3. | Edad | <input type="text"/> | | |
| | Subsidiado | <input type="checkbox"/> | | Femenino | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | Particular | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| | Ninguno | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| Vive zona urbana | <input type="checkbox"/> | Hace cuanto tiempo? | meses | <input type="checkbox"/> | años | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Vive zona rural | <input type="checkbox"/> | Hace cuanto tiempo? | meses | <input type="checkbox"/> | años | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Trabaja zona urbana | <input type="checkbox"/> | Hace cuanto tiempo? | meses | <input type="checkbox"/> | años | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Trabaja zona rural | <input type="checkbox"/> | Hace cuanto tiempo? | meses | <input type="checkbox"/> | años | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Vive en: | <input type="checkbox"/> | 10. Ocupación: | | | | | | | | |
| Entable | * <input type="checkbox"/> | a) Pequeño minero | <input type="checkbox"/> | | h) Machuquero | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Compra de oro | * <input type="checkbox"/> | b) Trabajador de entable | <input type="checkbox"/> | | i) Chatarrera | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Comercio mercurio | * <input type="checkbox"/> | c) Usuario de entable | <input type="checkbox"/> | | k) Joyero | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Joyería | * <input type="checkbox"/> | d) Vendedor de mercurio | <input type="checkbox"/> | | l) Estudiante | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Otro | <input type="checkbox"/> | e) Quemador de amalgama | <input type="checkbox"/> | | m) Hogar | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Vive a menos de 500 metros **** | <input type="checkbox"/> | f) Comprador de oro | <input type="checkbox"/> | | n) Agricultor | <input type="checkbox"/> | | | | |
| | | g) Minero La Frontino | <input type="checkbox"/> | | ñ) Otro | <input type="checkbox"/> | | | | |
| | | Hace cuanto tiempo? | meses | <input type="checkbox"/> | años | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Si trabaja con sustancias químicas utiliza elementos de protección personal? | | | | | | | | | | |
| Máscara vapores Hg | <input type="checkbox"/> | Guantes | <input type="checkbox"/> | Botas | <input type="checkbox"/> | Overol | <input type="checkbox"/> | Otro | <input type="checkbox"/> | |
| | | | | | | | | No aplica | <input type="checkbox"/> | |
| Manipula o quema mercurio, o está en contacto con alguna otra sustancia química? | | | | | | | | | | |
| Mercurio líquido | <input type="checkbox"/> | Quema amalgama | <input type="checkbox"/> | Cianuro | <input type="checkbox"/> | Ácido sulfúrico | <input type="checkbox"/> | | | |
| Plomo | <input type="checkbox"/> | Cal | <input type="checkbox"/> | No aplica | <input type="checkbox"/> | Otro | <input type="checkbox"/> | Cuál? | <input type="text"/> | |
| Si quema amalgama, dónde lo realiza? | | | | | | | | | | |
| Entable | <input type="checkbox"/> | Compra de oro | <input type="checkbox"/> | Vivienda | <input type="checkbox"/> | Otro | <input type="checkbox"/> | Cuál? | <input type="text"/> | |
| | | | | | | | | No aplica | <input type="checkbox"/> | |
| Consumo algún tipo de pescado? | | | | | | | | | | |
| Cultivo | <input type="checkbox"/> | Río | <input type="checkbox"/> | Mar | <input type="checkbox"/> | No aplica | <input type="checkbox"/> | | | |
| Si come pescado con que frecuencia lo realiza? | | | | | | | | | | |
| Menos de 1 comida a la semana | <input type="checkbox"/> | 17. Cuántos tragos por sentada o semana? | | | | | | | | |
| 1 - 2 comidas a la semana | <input type="checkbox"/> | Hombres | a) | Hasta 5 tragos/sentada o 15 tragos/semana | | | | | <input type="checkbox"/> | |
| 2 - 4 comidas a la semana | <input type="checkbox"/> | | b) | > de 5 tragos/sentada o >15 tragos/semana | | | | | <input type="checkbox"/> | |
| Más de 4 comidas a la semana | <input type="checkbox"/> | Mujeres | a) | Hasta 4 tragos/sentada o 12 tragos/semana | | | | | <input type="checkbox"/> | |
| | | | b) | > de 4 tragos/sentada o >12 tragos/semana | | | | | <input type="checkbox"/> | |
| | | | d) | No aplica | | | | | <input type="checkbox"/> | |
| Es fumador? | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| Cuántos cigarrillos al día? | | | | | | | | | | |
| a) < 10 cigarrillos/día | <input type="checkbox"/> | b) 10-20 cigarrillos/día | <input type="checkbox"/> | c) > 10 cigarrillos/día | <input type="checkbox"/> | d) No aplica | <input type="checkbox"/> | | | |

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 15 de 24 V00

| INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A MERCURIO | | | | | | | | | | | |
|---|--|----|----|---|--|---------|--|----------------|----|--|--|
| Fecha: | | | | | | Médico: | | | | | |
| Nombre Paciente: | | | | | | | | Identificación | | | |
| ANTECEDENTES PERSONALES | | | | | | | | | | | |
| Sufre de alguna enfermedad? | | | SI | | | NO | | | NA | | |
| Diabetes | | | | | | | | | SI | | |
| HTA | | | | | | | | | NO | | |
| Enfermedades renales | | | | | | | | | NA | | |
| Lesiones en la piel | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | SI | | |
| Hiperuricemia | | | | | | | | | NO | | |
| Hiperlipidemia | | | | | | | | | NA | | |
| Cáncer | | | | | | | | | | | |
| Otra | | | | | | | | | | | |
| Cuál? | | | | | | | | | | | |
| Consumes algún tipo de medicamento en forma continua? | | | | | | | | | | | |
| SI | | | | NO | | | | Cuáles? | | | |
| SINTOMAS SUBJETIVOS POR EXPOSICIÓN A MERCURIO | | | | | | | | | | | |
| SI | | NO | | | | | | | | | |
| | | | | Nota irritación y/o picor en nariz y/ garganta? | | | | | | | |
| | | | | Le tiemblan los párpados? | | | | | | | |
| | | | | Le tiemblan los labios? | | | | | | | |
| | | | | Le tiemblan los dedos de la mano? | | | | | | | |
| | | | | Le tiemblan las manos? | | | | | | | |
| | | | | Si tiene temblores estos le impiden tomar la sopa, beber de un vaso, escribir o vestirse? | | | | | | | |
| | | | | Náuseas, vómito, diarrea, digestiones pesadas? | | | | | | | |
| | | | | Sabor metálico? | | | | | | | |
| | | | | Pérdida brusca de visión? | | | | | | | |
| | | | | Pérdida brusca de la audición? | | | | | | | |
| | | | | Apatía sexual o impotencia? | | | | | | | |
| CUESTIONARIO DE SÍNTOMAS NEUROTÓXICOS (Q16) | | | | | | | | | | | |
| SI | | NO | | | | | | | | | |
| | | | | Es olvidadizo (a)? | | | | | | | |
| | | | | Le han dicho sus familiares y/o amigos que es olvidadizo? | | | | | | | |
| | | | | A menudo se le olvida realizar actividades que considera importantes? | | | | | | | |
| | | | | Le es difícil entender los programas que ve en televisión o escucha por radio? | | | | | | | |
| | | | | Tiene a menudo dificultad para concentrarse? | | | | | | | |
| | | | | Se siente a menudo abatido (a) o triste sin motivo? | | | | | | | |
| | | | | Se siente a menudo enojado (a) sin motivo? | | | | | | | |
| | | | | Le cuesta decidirse realizar actividades que usted sabe debe hacer? | | | | | | | |
| | | | | Se siente anormalmente cansado (a)? | | | | | | | |
| | | | | Siente a veces como una presión sobre el pecho? | | | | | | | |
| | | | | Ha sentido de pronto como que se va a caer al estar de pie o caminando? | | | | | | | |
| | | | | Siente a menudo punzadas dolorosas o adormecimiento en alguna parte del cuerpo? | | | | | | | |
| | | | | Le resulta difícil abrocharse los botones? | | | | | | | |
| | | | | Siente que ha perdido la fuerza en sus brazos o piernas? | | | | | | | |
| | | | | Ahora siente menos que antes en sus manos o pies? | | | | | | | |
| | | | | A menudo se despierta costándole luego conciliar el sueño? | | | | | | | |

Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 16 de 24 V00

| ESTUDIO TREMOGRÁFICO | | |
|-----------------------------|--|--|
| | | Escriba su nombre y apellido: _____ |
| | | Dibuje una línea siguiendo el contorno de la línea ondulada por su parte inferior procurando no tocarla. |
| | |  |
| | | Dibuje una línea siguiendo el contorno de la estrella por su interior procurando no tocarla. |
| | |  |

| EXAMEN FÍSICO POR EXPOSICIÓN A MERCURIO | | |
|--|----|---|
| | | CAVIDAD BUCOFARINGEA |
| SI | NO | Ribete gingival |
| | | Gingivitis |
| | | Halitosis |
| | | Ulceras boca |
| | | Pérdida de dientes |
| | | Amalgamas dentales? |
| SI | NO | EXAMEN VISUAL |
| | | Movimientos oculares anormales |
| | | Campimetria anormal |
| SI | NO | EXAMEN CARDIOVASCULAR |
| | | Tensión arterial <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> |
| | | Frecuencia cardiaca <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> |
| | | Ruidos cardíacos anormales |
| | | EXAMEN CUTÁNEO |
| | | Lesiones en piel: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| | | Localización anatómica: cara <input type="checkbox"/> cuello <input type="checkbox"/> brazos <input type="checkbox"/> manos <input type="checkbox"/> otro <input type="checkbox"/> |
| | | Tipo de lesión: |
| | | A. Elemental primaria: Única <input type="checkbox"/> Múltiple <input type="checkbox"/> |
| | | B. Elemental secundaria a: Única <input type="checkbox"/> Múltiple <input type="checkbox"/> |



Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública
Protocolo de vigilancia y control de Intoxicaciones por Mercurio
INT-R02.002.4040-009 Página 17 de 24 V00

| | | | | | | | | | | | |
|--|----|--|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|
| | | | | | | | | | | | |
| SI | NO | EXAMEN SISTEMA NERVIOSO | | | | | | | | | |
| | | Prueba dedo – nariz anormal | | | | | | | | | |
| | | Prueba índice – índice anormal | | | | | | | | | |
| | | Movimientos Alternos anormales | | | | | | | | | |
| | | Prueba Romberg anormal | | | | | | | | | |
| | | Marcha anormal | | | | | | | | | |
| | | Marcha en Talones anormal | | | | | | | | | |
| | | Marcha punta de Dedos anormal | | | | | | | | | |
| | | Sensibilidad Superficial anormal | | | | | | | | | |
| | | Sensibilidad Profunda anormal | | | | | | | | | |
| | | Temblor: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | | Ubicación del temblor: | | | | | | | | | |
| | | Párpados | <input type="checkbox"/> | Labios | <input type="checkbox"/> | Brazos | <input type="checkbox"/> | Manos | <input type="checkbox"/> | Dedos | <input type="checkbox"/> |
| | | Reflejos osteotendinosos alterados en extremidades superiores | | | | | | | | | |
| | | Reflejos osteotendinosos alterados en extremidades inferiores | | | | | | | | | |
| SI | NO | TOMA DE MUESTRA | | | | | | | | | |
| | | Cabello | <input type="checkbox"/> | Sangre | <input type="checkbox"/> | Orina | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| IMPRESIÓN DIAGNÓSTICA | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| CONDUCTA MÉDICA | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> Firma y Registro médico | | | | | | | | | | | |



EVIDENCIA CIENTIFICA, NORMATIVA Y TECNICA SOBRE LA PROBLEMÁTICA DEL MERCURIO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL DEL SECTOR SALUD Y DE OTROS SECTORES RELACIONADOS.

REVISION SISTEMATICA DE LA LITERATURA

Octubre de 2012

Convenio de asociación no. 447 de 2012 suscrito entre el Ministerio de Salud y Protección Social y la Fundación para la Educación y el Desarrollo Social - FES



Convenio de asociación no. 447 de 2012 suscrito entre el
Ministerio de Salud y Protección Social y la Fundación para la
Educación y el Desarrollo Social - FES



EVIDENCIA CIENTIFICA, NORMATIVA Y TECNICA SOBRE LA PROBLEMÁTICA DEL MERCURIO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL DEL SECTOR SALUD Y DE OTROS SECTORES RELACIONADOS

REVISION SISTEMATICA DE LA LITERATURA

**Director del Proyecto y
Director Ejecutivo Fundación FES**

Alejandro Varela Villegas

Medico, Magister en Epidemiología y en Investigación en sistemas y servicios de
salud con énfasis en economía de la salud

alejandro.varela@fundacionfes.org

**Coordinador del Proyecto y
Director del Área de Salud Fundación FES**

Julio César Mateus Solarte

Medico, Magister en Epidemiología

jcmateus@fundacionfes.org

Grupo de trabajo

Isabel Cristina Casas Quiroga, Ft. Mag Epi
Investigador Fundación FES
isabel.casas@fundacionfes.org

Elidier Gómez, Ing. Str., Mag Admon, Cand. Mag. Ing.
Investigador Fundación FES
elidier.gomez@fundacionfes.org

Liliana Jiménez Hernández, Est. Mag Epi
Investigador Fundación FES
liliana.jimenez@fessocial.org

Martha Moyano, Bsc. Mag Epi
Investigador Fundación FES
martha.moyano@fessocial.org

Lina María Rodríguez, Soc. Cand Mag Soc.
Investigador Fundación FES
lina.rodriguez@fessocial.org

Sandra Girón, Econ., Mag Epi
Investigador Fundación FES
sandra.giron@fundacionfes.org

Mauricio Orozco Varela, Ing.
Investigador Fundación FES
mauricio.orozco@fessocial.org

Carmen Espitia, Ing. Alim., Mag Tox.
Investigador Fundación FES
cespitay1@fessocial.org

Revisores

Dr. Santiago Español Cano Mag Tox, Fundación Almadén (España)
Dr Zoilo Cuellar Montoya. Academia Nacional de Medicina

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|--------|---|-----|
| 1. | JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES | 9 |
| 1.1 | TOXICOLOGIA DEL MERCURIO | 10 |
| 2. | OBJETIVOS | 16 |
| 2.1. | OBJETIVO GENERAL..... | 16 |
| 2.2. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 16 |
| 3. | MARCO TEÓRICO | 17 |
| 4. | METODOLOGÍA | 21 |
| 4.1. | ELECCION DEL PROTOCOLO..... | 21 |
| 4.1.1. | Formulación de la pregunta de investigación..... | 21 |
| 4.1.2. | Localización y selección de estudios | 22 |
| 4.2. | METODOLOGÍA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA..... | 23 |
| 4.2.1. | Estrategia de búsqueda | 26 |
| 4.2.2. | Estrategia de búsqueda en revistas de alto impacto..... | 27 |
| 4.2.3. | Evaluación de calidad de los documentos | 30 |
| 4.2.4. | Análisis y presentación de resultados..... | 30 |
| 4.2.5. | Interpretación de los resultados | 30 |
| 5. | RESULTADOS | 31 |
| 5.1. | ESTADO DEL ARTE DE LOS EFECTOS POR LA EXPOSICIÓN AL MERCURIO 32 | |
| 5.1.1. | Salud pública | 34 |
| 5.1.2. | Salud ambiental | 48 |
| 5.1.3. | Salud ocupacional | 61 |
| 5.2. | ESTADO DEL ARTE DE LAS INVESTIGACIONES EN COLOMBIA | 72 |
| 5.3. | MARCO LEGAL | 75 |
| 5.4. | INVENTARIO DE LAS FUENTES DE LIBERACIÓN DE MERCURIO EN COLOMBIA. | 76 |
| 5.4.1. | Perfil nacional de sustancias químicas en Colombia 2010..... | 76 |
| 5.4.2. | Informe de cuantificación de liberaciones antropogénicas de mercurio en Colombia | 80 |
| 5.5. | PLANES Y PROGRAMAS DE INTERVENCIÓN..... | 85 |
| 5.5.1. | Planes y programas en el contexto internacional | 85 |
| 5.5.2. | Planes y programas en el contexto nacional..... | 92 |
| 5.5.3. | Programas de vigilancia en salud pública en América Latina..... | 102 |



| | |
|---|-----|
| 5.5.4. Programas de vigilancia en salud pública en Colombia..... | 104 |
| 6. MEDIDAS NECESARIAS PARA EL CONTROL E INTERVENCIÓN EN COLOMBIA | 108 |
| 6.1. IDENTIFICACIÓN DE ACCIONES PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS.... | 108 |
| 6.2. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN NACIONAL | 112 |
| 7. CONCLUSIONES | 114 |
| 8. RECOMENDACIONES | 116 |
| REFERENCIAS | 120 |
| ANEXOS..... | 133 |



LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA 1. LISTA DE PALABRAS PARA SALUD PÚBLICA | 24 |
| TABLA 2. LISTA DE PALABRAS PARA SALUD AMBIENTAL..... | 24 |
| TABLA 3. LISTA DE PALABRAS PARA SALUD OCUPACIONAL | 25 |
| TABLA 4. LISTADO DE REVISTAS SEGÚN FACTOR DE IMPACTO..... | 28 |
| TABLA 5. LÍMITES PERMISIBLES EN MATRICES BIOLÓGICAS INTERNACIONALES Y NACIONALES ... | 37 |
| TABLA 6. LÍMITES PERMISIBLES EN MATRICES AMBIENTALES PARA COLOMBIA..... | 38 |
| TABLA 7. ORGANISMOS LEGISLATIVOS OCUPACIONALES. | 62 |
| TABLA 8. GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS CON MERCURIO 2010..... | 77 |
| TABLA 10. RESULTADOS DE LA PRIORIZACIÓN PARA EL MERCURIO..... | 79 |
| TABLA 13. LISTA DE INSUMOS ALTERNATIVOS LIBRES DE MERCURIO..... | 96 |



LISTADO DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Marco de trabajo Precede-Proceed | 19 |
| Figura 2. Diagrama de flujo de los documentos seleccionados..... | 31 |
| Figura 3. Ciclo del Mercurio en el ambiente | 49 |

INTRODUCCIÓN

La problemática del mercurio es global y afecta tanto a los seres humanos como al medio ambiente, por ello este es un tema que ocupa numerosas organizaciones de carácter nacional e internacional, entre ellas la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Comité Intergubernamental de negociación sobre el Mercurio (INC).

Los efectos del mercurio son diversos y ampliamente discutidos en la literatura científica. Tales efectos se relacionan con la forma, la ruta y la magnitud de la exposición (1); lo que resulta indiscutible es su alta capacidad de bioacumularse y bio-amplificarse en los seres vivos. Estos efectos pueden incrementarse en función de la ocupación de los individuos. En el caso de Colombia las poblaciones con mayor carga de exposición son: los mineros, los pescadores y los trabajadores de salud oral (2). En este grupo también se cuentan las personas que habitan en zonas ribereñas a las zonas de explotación minera y que consumen pescado regularmente y en abundante cantidad, así como los trabajadores de la industria que utiliza el mercurio como materia prima (industria cloro-alkali)

Dentro del ámbito de América Latina, Colombia es reconocida como uno de los principales países que usan el mercurio para la extracción del oro, impulsado por la dinámica del mercado: el precio del oro ha tenido una tendencia al alza (desde US\$260 en el año 2001 hasta US\$1.000 en 2008 y a US\$1.700 en la actualidad), lo que se ha relacionado con un incremento en la magnitud del problema a nivel nacional (3). Los organismos internacionales coinciden que es necesario abordar la problemática del mercurio desde un panorama amplio que considere la identificación de las poblaciones en riesgo de exposición, los efectos en salud, los procesos productivos involucrados y las acciones encaminadas a disminuir la exposición y mitigar el impacto.

En este contexto, y con el propósito de generar acciones que impacten positivamente la situación de nuestro país, la Fundación FES y el Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS) establecieron un convenio de asociación con el fin de formular acciones y diseñar un plan de investigaciones para el monitoreo de los posibles efectos en salud asociados a la exposición a mercurio en las zonas contaminadas y priorizadas del país.

El presente documento es el primer producto de este proyecto, que consiste en la construcción de una revisión crítica de la literatura que recopile la información científica, normativa y técnica sobre la problemática del Mercurio en Colombia. Se

espera que esta revisión, al contener el análisis de la evidencia científica y técnica de los efectos en salud, normatividad, planes y programas en salud (nacionales e internacionales) se convierta en un instrumento para la toma de decisiones y que concluya en el desarrollo de un plan de intervenciones del sector salud con el componente ambiental, ocupacional y en salud pública.

El análisis que se plantea en esta revisión permitió identificar vacíos de información, vacíos legales y administrativos, identificar actores importantes y detectar necesidades de recursos para llevar a cabo actividades prioritarias.

Para realizar la revisión sistemática de la literatura se recolectó información de bases de datos científicas y de documentos técnicos que algunas entidades gubernamentales generan con relación al manejo del Mercurio. La revisión se fundamentó teniendo en cuenta tres áreas de interés fundamentales: la salud pública, la salud ambiental y la salud ocupacional.

En el capítulo 1 se presentan los antecedentes del problema y la justificación para abordarlo desde una visión amplia y con una metodología comprehensiva. En el capítulo 2 se presenta el objetivo general y los objetivos específicos de la revisión sistemática.

En el capítulo 3 se hace una conceptualización del marco teórico sobre el cual se soporta el proyecto considerando la necesidad de iniciar con un diagnóstico de la situación actual hasta la evaluación de las intervenciones propuestas.

El capítulo 4 describe de manera detallada la metodología que se empleó para conducir la revisión sistemática partiendo desde las palabras clave, fuentes de información y estrategias de selección de los documentos.

El capítulo 5 presenta los resultados de la revisión sistemática a partir de: 1) los efectos en salud pública, salud ocupacional y salud ambiental, 2) estado del arte de las investigaciones en Colombia, 3) la normatividad existente a nivel internacional y nacional, 4) el inventario de fuentes de Mercurio en Colombia y 5) los planes y programas desarrollados.

En el capítulo 6 se presentan las medidas necesarias para que en Colombia se pueda hacer un control e intervención adecuada, identificando para ello las acciones para la reducción de riesgos y las necesidades de investigación. Por último en el capítulo 7 se plantean algunas conclusiones y recomendaciones a seguir producto de la presente revisión.

1. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

El mercurio terrestre tiene un origen magmático, emanando como producto de desgasificación a lo largo de fallas profundas, proceso que continua en la actualidad. De este modo, el mercurio inicia su ciclo biogeoquímico pasando a la corteza terrestre y de esta al aire, al agua y suelos, para pasar posteriormente a las plantas y a los animales y, por último, al hombre. Posteriormente el mercurio y sus compuestos reinician el ciclo en sentido inverso, en formas: sólidas, disueltas, absorbidas, gaseosa. Esto último se explica porque este metal posee algunas propiedades únicas que le permiten tener una gran y fácil movilidad en diferentes medios físicos y químicos. El mayor contribuyente a que el mercurio circule en el medio ambiente es la naturaleza misma, siendo sus fuentes la desgasificación de la corteza terrestre, las emisiones de los volcanes y la evaporación desde los cuerpos de agua.

Aunque el Mercurio se produce de manera natural en el ambiente, sus niveles han aumentado considerablemente como consecuencia de la actividad antropogénica (con un factor 1,5 a 3 desde el inicio de la era industrial) (4). Las emisiones de Mercurio se pueden agrupar en cuatro categorías: 1) Liberación de fuentes naturales debidas a la movilización natural del Mercurio tal como se encuentra en la corteza terrestre, evaporación de masas de agua, como la actividad volcánica o la erosión en las rocas, 2) Liberaciones antropógenas (asociadas con la actividad humana) resultantes de la movilización de impurezas de Mercurio en materias primas como los combustibles fósiles, 3) Liberaciones antropógenas resultantes del uso intencional del Mercurio en productos y procesos durante la fabricación, los derrames, la eliminación o incineración de productos agotados y liberaciones de otro tipo, y 4) La removilización de liberaciones antropógenas pasadas de Mercurio anteriormente depositado en suelos, sedimentos, masas de agua, vertederos y acumulaciones de desechos o residuos.

Los niveles de Mercurio emitidos por las plantas de carbón son responsables por la mitad de la contaminación mundial, sobrepasando de manera significativa las fuentes naturales. El Mercurio se encuentra actualmente en diversos medios y alimentos (especialmente el pescado) en niveles que afectan adversamente a los seres humanos y la vida silvestre. La actividad del hombre ha generalizado los casos de exposición, y las prácticas del pasado han dejado un legado de Mercurio en vertederos producto de los desechos de la minería y emplazamientos, suelos y sedimentos industriales contaminados. De hecho, hasta las regiones donde se registran emisiones mínimas de Mercurio, como el Ártico, se han visto adversamente afectadas debido al transporte transcontinental y mundial del Mercurio (5).

El Mercurio y sus compuestos son sumamente tóxicos, especialmente para el sistema nervioso en desarrollo. El nivel de toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta. Los seres humanos pueden estar expuestos al Mercurio mediante el consumo de pescado contaminado, el desempeño en ambientes ocupacionales contaminados, en el ámbito doméstico, en procedimientos odontológicos (amalgamas dentales) y cuando se usan vacunas que contienen Mercurio (4).

1.1 TOXICOLOGIA DEL MERCURIO

Desde el punto de vista toxicológico, existen tres formas de mercurio: mercurio elemental, mercurio inorgánico (sales de mercurio y óxido de mercurio) y mercurio orgánico. Cada una de estas especies químicas de mercurio posee espectros diferentes de toxicidad, aunque todas ellas tienen en común su capacidad de inducir cambios en los sistemas neuronales de los humanos.(6)

El mercurio, por su parte, es un elemento ambientalmente tóxico, aunque con especies químicas de toxicidad muy variada, desde el relativamente inerte, como puede ser el cinabrio (HgS), hasta los de toxicidad muy elevada, como son sus compuestos orgánicos, y en particular los complejos metilados, como metilmercurio (CH_3Hg) y dimetilmercurio (CH_3HgCH_3), o el mercurio gaseoso (vapor de Hg).

Las diferentes formas y compuestos del Mercurio tienen peculiaridades toxicocinéticas específicas. En este aspecto las propiedades químicas e interacciones biológicas de importancia involucran: i) el Mercurio elemental que es soluble en lípidos y altamente difusible a través de las membranas y oxidado a mercurio inorgánico, ii) el mercurio orgánico que es soluble en agua y con menor capacidad de difusión a través de las membranas y genera reacciones en el organismo como la síntesis de proteínas a nivel renal, iii) los compuestos alquil-mercurio, entre ellos el más importante es el Metilmercurio que es soluble en lípidos, posee una alta capacidad de difusión en las membranas es transformado muy lentamente en mercurio inorgánico y iv) los compuestos mercuriales orgánicos que son solubles en los lípidos y rápidamente degradables en el organismo a mercurio inorgánico (6).

El Mercurio tiene una alta capacidad para acumularse en organismos y ascender por la cadena alimentaria. Potencialmente todas las formas de Mercurio pueden llegar a acumularse, pero el metilmercurio se absorbe y acumula más que las otras formas del metal. El Mercurio inorgánico también puede ser absorbido pero por lo general en menores cantidades y con menor eficiencia que el metilmercurio (7, 8).

Los efectos tóxicos, especialmente en el caso del metilmercurio, pueden darse con concentraciones más pequeñas de lo que se había pensado en un principio (9). Sin embargo, este hecho resulta difícil de probar debido a que los efectos tóxicos sospechosos son sutiles y sus mecanismos complejos. El metilmercurio en los alimentos, como por ejemplo en el pescado, supone un particular riesgo para la salud debido a que es fácilmente absorbido en el cuerpo a través del estómago y los intestinos.

Las principales vías de entrada del mercurio al organismo humano son:

Vía Respiratoria (absorción por inhalación)

El vapor de mercurio es no polar (no se disuelve en la membrana mucosa del tracto nasofaríngeo y traqueobronquial) y fácilmente penetra la membrana alveolar y pasa a la sangre absorbiéndose un 80% de la cantidad inhalada. Este porcentaje es el resultado de la relación cuantitativa entre el volumen de inspiración y el espacio muerto fisiológico del pulmón.(6)

Generalmente los gases y vapores se depositan en el tracto respiratorio de acuerdo con su solubilidad en agua. Los gases altamente solubles en agua se disuelven en la mucosa de la membrana o en el fluido del tracto respiratorio superior, mientras que los gases y vapores menos solubles en agua, penetran mas profundamente en el árbol bronquial alcanzando el alvéolo. Dado que el vapor de mercurio elemental es ligeramente soluble en agua, puede esperarse que penetre profundamente en el árbol bronquial alcanzando el alvéolo (10).

Experimentalmente se ha visto que se deposita por igual en el árbol bronquial que en el alvéolo. Se estima que la solubilidad del mercurio elemental en los lípidos del cuerpo está entre 0,5 y 2,5 mg/L Considerando que la concentración de saturación del mercurio en aire puede ser solo de 0,06 mg Hg/L. a 40° C. el coeficiente de reparto entre el aire y los lípidos de la pared alveolar y sangre pulmonar es aproximadamente de 20 a favor del cuerpo. Este hecho sugiere que el mercurio elemental pasa fácilmente a través de la membrana alveolar por simple difusión.

Vía Digestiva (absorción por ingestión)

El Mercurio elemental se absorbe muy poco en el tracto gastrointestinal, probablemente en cantidades inferiores al 0,01%(6). Entre otras razones esto puede deberse a que se configura en el intestino en forma de grandes moléculas, lo cual dificulta su absorción, así mismo la absorción de los compuestos inorgánicos de mercurio (insolubles) es del 7%, aunque este valor puede oscilar entre 2% y 15% dependiendo de la solubilidad del compuesto ingerido.

La absorción por vía gastrointestinal del Metilmercurio, por el contrario, resulta muy importante, tanto que la intoxicación accidental o intencional es relativamente frecuente. En el campo de salud pública, la absorción por ingestión resulta prioritaria dado que se considera que el aporte de Metilmercurio a la población general procede fundamentalmente del consumo de alimentos contaminados, especialmente el pescado.

Transporte y Distribución

Una vez absorbido, el transporte se realiza por los distintos constituyentes de la sangre. En el caso del vapor de mercurio la relación glóbulos rojos/plasma es entre 1,5 – 2 aproximadamente. Para las sales inorgánicas de mercurio, esta relación es mucho menor (0,4 aproximadamente) (10) . En general se estima que 90% de los compuestos orgánicos se transporta en los glóbulos rojos y 50% de mercurio inorgánico es transportado en el plasma, unido a la albúmina.

Eliminación del Mercurio

La orina y las heces son las rutas preferentes de eliminación para los compuestos inorgánicos. La mayor parte del metilmercurio (90%) se excreta en las heces, el 10% restante es reabsorbido hacia el plasma. Este proceso es el que determina su lenta eliminación dando lugar a un riego elevado de acumulación.

El modelo toxicocinético para el mercurio en las fases de acumulación y eliminación consta de cuatro compartimentos: i) el compartimento central está constituido por todos los órganos y tejidos excepto riñón e hígado, ii) por su lado, el riñón se considera el compartimento de mayor tiempo de almacenamiento dado que el mercurio es aclarado lentamente, iii) el hígado ofrece un tiempo de acumulación corto, iv) finalmente, se describe un cuarto compartimento donde se acumula el mercurio excretado, integrado principalmente por orina y heces (10).

Exposiciones de Riesgo

La exposición durante el embarazo es altamente preocupante, debido a que el metilmercurio puede dañar el desarrollo del cerebro del feto. Algunos estudios sugieren que pequeños incrementos en la exposición pueden afectar al sistema circulatorio y al corazón (11). Además, hoy en día existe alguna evidencia de que el metilmercurio puede causar cáncer a los seres humanos, aunque ésta evidencia es débil y está lejos de ser concluyentes, la IARC (Agencia Internacional para la

Investigación del Cáncer) clasifica el metilmercurio como "posiblemente carcinógeno para el ser humano" (12).

El mercurio elemental también es tóxico para el sistema nervioso. La inhalación de vapores de mercurio elemental puede provocar desórdenes neurológicos y de comportamiento, tales como temblores, inestabilidad emocional, insomnio, pérdida de memoria, cambios neuromusculares y dolores de cabeza. Así mismo puede dañar los riñones y la tiroides. Sin embargo, en estos momentos no hay pruebas suficientes para decir que el Mercurio elemental cause cáncer a los seres humanos, y la IARC lo ha clasificado entre las sustancias que "no pueden ser clasificadas con respecto a su carcinogenicidad para el ser humano" (12).

Pese a la falta de datos, las investigaciones realizadas durante medio siglo han permitido acumular conocimientos sobre el Mercurio, reconocer su potencial efecto tóxico e implementar medidas tendientes a minimizar su liberación ambiental y posterior incorporación a la cadena alimenticia (13). Por ello, las iniciativas vigentes se encaminan a reducir o prevenir la liberación de Mercurio en el medio ambiente y a evitar sus efectos directos o indirectos en la salud humana.

Hasta el momento en Colombia se han realizado intervenciones aisladas en algunas regiones del país. En los departamentos de Antioquia, Nariño, Valle del Cauca, Cauca, Bolívar, Santander, Córdoba y Putumayo a través de los CAM (Centros Ambientales Mineros) se han desarrollado actividades que se han ocupado principalmente de estudiar el proceso productivo, sin embargo estas intervenciones aún no cuentan con una metodología operativa que permita generalizar las acciones a otras zonas en riesgo dentro del país.

El Mercurio y la Minería

En el mundo existen aproximadamente cien millones de personas que dependen económicamente de la minería artesanal de pequeña escala (MPE) en más de 55 países. La mayoría de estos países se sitúan en África, Asia, y América Latina. Se estima que esta actividad es responsable de la producción de 800 toneladas de oro anuales (30% de la producción de oro global anual) (3). Esta operación involucra tanto mineros, como mujeres y niños, de forma directa o indirecta.

En América Latina la minería en pequeña escala representa un método de subsistencia para un millón personas en países como Guyana, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Surinam, Venezuela, Costa Rica, República Dominicana, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá. Se estima que entre 60.000 y 90.000 mineros a pequeña escala trabajan alrededor de Tapajós, Brasil (14).

Es así como la minería artesanal del oro genera el mayor consumo individual de Mercurio en América Latina y presenta una tendencia creciente en los últimos años. En Colombia, uno de los principales importadores de la región ingresaron 70 toneladas de Mercurio durante 2008, 130 toneladas en 2009 y 59 en 2010, destinados en su mayoría a las labores de minería, lo cual incrementa el riesgo de contaminación ambiental y efectos negativos para la salud humana (15).

En Colombia, estudios dirigidos por la Gobernación de Antioquia y CORANTIOQUIA en los municipios de Segovia y Remedios encontraron una concentración del Mercurio de aproximadamente 340 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el aire (300 veces superior que la pauta de Organizaciones de Salud Mundial para la exposición pública máxima al vapor del Mercurio) (16). Aproximadamente 26 a 6.118 ppm de Hg es vertido en los ríos por mineros de la región; el alimento principal de estas comunidades es el pescado el cual se ha encontrado contaminado con Mercurio. Estudios conducidos por Corantioquia, la Universidad de Antioquia y la Universidad de Cartagena, han mostrado como resultado una concentración encima de 1,06 μg Hg/g en la mayoría de las especies (17).

Ante esta problemática se han generado iniciativas internacionales como es el *Proyecto de Mercurio Global (GMP)* de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) lanzada en el 2002. Dentro de los objetivos principales de dicho proyecto se encuentra la introducción de tecnologías más limpias para llevar a cabo el proceso del beneficio del oro y el desarrollo de capacidad y mecanismos reguladores que permitan minimizar la contaminación con Mercurio.

En Colombia aún parece existir escasa información sobre el Mercurio. Dentro de las iniciativas desarrolladas en el país es importante mencionar que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en sinergia con la Universidad de Antioquia emitieron en 2010 elaboraron un documento basado en la metodología propuesta por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para la identificación y cuantificación de liberaciones de Mercurio que contiene el informe en los diferentes sectores productivos y de servicios donde se encontró que las mayores entradas de Mercurio al país se dirigen a la producción primaria de metales (170 Ton/año). (18).

Además, Colombia carece de una normativa que regule el uso, manipulación, comercialización del Mercurio y emisiones al ambiente. De allí surge en el año 2010 un proyecto de ley que está en curso en el congreso, el cual busca la eliminación gradual del Mercurio en la minería.



Convenio de asociación no. 447 de 2012 suscrito entre el
Ministerio de Salud y Protección Social y la Fundación para la
Educación y el Desarrollo Social - **FES**



Todo lo anterior hace prioritario elaborar una revisión de la evidencia científica, normativa y técnica existente sobre el tema para que a partir de dicho documento se logre diseñar un marco conceptual y operativo para desarrollar estrategias de prevención, control y mitigación de los efectos del Mercurio sobre la salud y el ambiente en Colombia, así como diseñar propuestas de prioridades de investigación con el propósito de generar información que fortalezca la prevención de los potenciales efectos deletéreos de este metal sobre la salud y el ambiente.

En este contexto, y con un proceso nacional de concienciación frente al mercurio y con el propósito de generar acciones que impacten positivamente la situación de nuestro país, el Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS) y la Fundación FES establecieron un convenio de asociación con el fin de formular acciones y diseñar un plan de investigaciones para el monitoreo de los posibles efectos en salud asociados a la exposición a mercurio en las zonas contaminadas y priorizadas y de esta manera contribuir a la solución de esta problemática en el país



2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis crítico sobre la evidencia científica, normativa y técnica de la problemática del Mercurio a nivel nacional e internacional de el sector salud y otros sectores relacionados

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir los planes y programas existentes para prevenir, controlar, vigilar y mitigar la exposición a Mercurio que sean aplicables al contexto Colombiano

Identificar las necesidades de investigación en salud sobre la problemática del Mercurio en Colombia

Realizar el análisis crítico a partir de una revisión sistemática sobre la evidencia científica, el marco normativo nacional e internacional, los programas de vigilancia en salud pública y ambiental nacionales y locales y de los documentos técnicos de organismos nacionales e internacionales relacionados con el sector salud y otros sectores.

3. MARCO TEÓRICO

Desde el punto de vista teórico, este proyecto se fundamenta en el concepto de salud como punto de partida para la revisión teórica y la planificación de acciones. El modelo teórico que inspira este proceso fue originado en Canadá (19) y considera a la salud como una variable dependiente influida por diferentes factores o determinantes: i) factores biológicos o endógenos, ii) factores ligados al entorno, iii) factores ligados al estilo de vida y iv) factores ligados al sistema sanitario.

Es importante aclarar que en relación con la historia natural de las enfermedades o efectos en salud no pueden considerarse en un mismo plano los diferentes factores de producción de la salud. El estado de salud de una persona o de una población en un momento dado es el resultado de la acción de los diferentes factores o determinantes mencionados previamente (20).

Los factores biológicos y ambientales y los relacionados con el estilo de vida intervienen como condicionantes y posiblemente generan interrelaciones entre sí. Por otro lado, el sistema de salud interviene como un factor de restauración, después de la aparición de alguna condición patológica (21). Existe una relación directa también entre la salud y sus determinantes, por tanto toda acción que se ejerza a nivel de estos tendrá un efecto directo sobre el estado de salud de un individuo o comunidad. Es así entonces como la definición de salud debe considerar los elementos culturales y sociales que caracterizan el medio sobre el que se desea intervenir y en este sentido el concepto es multidimensional y los factores que la determinan se convierten en la base para la planificación de intervenciones.

De acuerdo con lo anterior, el desarrollo de este proyecto está soportado en la base teórica del modelo *Precede-Procede* (P-P) propuesto por Green y Kreuter en 1991 (22). En el diseño de (P-P), el cual se soporta en los principios de la práctica, la participación, el empoderamiento y en el desarrollo e implementación de soluciones, la participación de las audiencias involucradas tanto en la definición de sus problemas como en el desarrollo e implementación de soluciones es parte fundamental del éxito de la solución planteada.

El modelo *Precede-Proceed* enfatiza la idea básica de que la salud y las conductas están determinadas por múltiples factores y que las acciones multisectoriales y multidisciplinarias son fundamentales para lograr una mejoría en las condiciones de la población afectada (23), por ello este modelo ha sido usado en diversos programas de promoción de salud dado que considera los factores determinantes de la salud y orienta a los planificadores de programas a identificar estos factores

para el diseño de las intervenciones, facilitando la planificación, implementación y evaluación integral de programas, así como el desarrollo de las políticas y legislación (22). Así también el modelo (P-P) ha sido adaptado y aplicado con éxito en diferentes programas de promoción de salud con énfasis en cambios ambientales y en la implementación de políticas y regulaciones.

De acuerdo con lo anterior el modelo (P-P) ofrece como ventaja la posibilidad de realizar un amplio diagnóstico e incluye consideraciones acerca de dos etapas o fases diferentes de la acción en promoción de la salud. Los postulados de este modelo incluyen el diagnóstico social, el diagnóstico epidemiológico, el diagnóstico del comportamiento y el diagnóstico administrativo. Este modelo parte de diversas disciplinas para analizar los problemas sociales, de salud y factores del comportamiento.

La aplicación del P-P requiere el desarrollo metodológico de 9 pasos. Se focaliza en los resultados de salud, luego explora sus orígenes y determinantes y, posteriormente, selecciona las mejores intervenciones para alcanzar los objetivos buscados.

La primera fase llamada *Precede* se orienta al diagnóstico y evaluación de factores determinantes del fenómeno. Está compuesta por cinco fases de diagnóstico y evaluación de las características de la población, sus necesidades, las causas de la problemática y las posibilidades de llevar a cabo las intervenciones.

De manera detallada los factores que componen la fase *Precede* son:

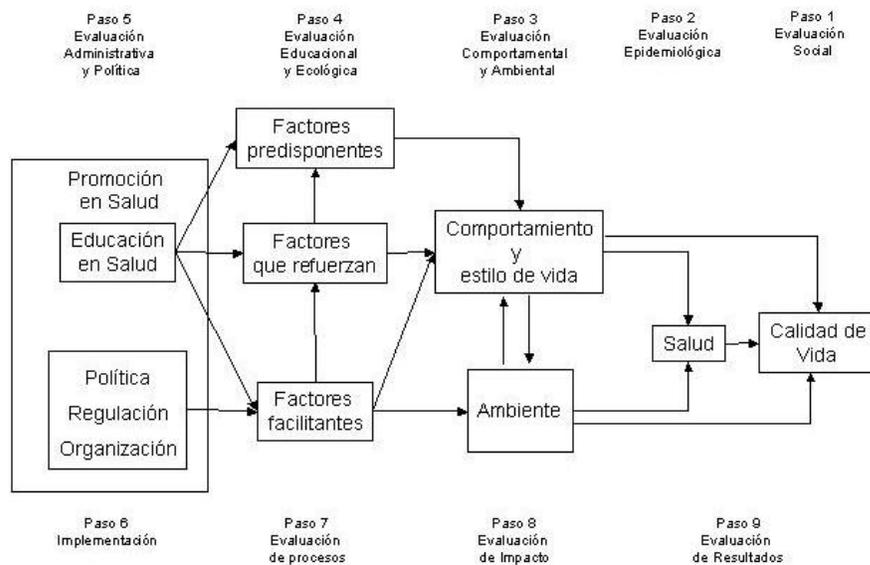
- 1) Evaluación social de las necesidades
- 2) Diagnóstico epidemiológico de la situación y los problemas de salud más frecuentes
- 3) Evaluación comportamental y ambiental
- 4) Evaluación de los factores que predisponen, refuerzan y favorecen el fenómeno
- 5) Evaluación administrativa y política

La segunda etapa, denominada *Proceed* está constituida por cuatro fases que se dirigen a analizar políticas, normas y estructuras de las organizaciones como parte de las variables ambientales que influyen en la adopción de conductas y también a evaluar el proceso construcción de los programas implementados, su impacto y sus resultados.

Los factores que intervienen en la fase *Proceed* son:

- 6) Implementación de acciones
- 7) Evaluación de procesos
- 8) Evaluación del impacto de las acciones
- 9) Evaluación de los resultados de las acciones

Figura 1. Marco de trabajo Precede-Proceed



Tomado de Health behavior and health education. Theory, research and practice (22)

El modelo (P-P) es una herramienta que facilita la elaboración de un amplio diagnóstico comunitario en cuanto que aborda múltiples determinantes de la salud y permite la participación activa de la población. El modelo hace posible proponer estrategias de intervención más acordes con las necesidades que influyen en la salud de la comunidad porque se parte del supuesto de que cuando las personas o grupos sociales tienen un mayor conocimiento sobre los determinantes de la salud, aumenta su capacidad de tomar decisiones que afectan favorablemente su bienestar personal, familiar o comunitario (24).

En el P-P, la evaluación social conlleva el entendimiento de las necesidades percibidas de la comunidad. Así mismo, las evaluaciones epidemiológicas, comportamentales y educativas documentan las necesidades reales. En este modelo, la identificación de las necesidades es el punto de partida para proponer y

diseñar intervenciones; la evaluación administrativa y política, define los parámetros en los que esta operará.

Dado que, la planeación de una intervención es un proceso iterativo, la evaluación (pasos 7-9) es un proceso mediante el cual la intervención se actualiza y adecua según necesidades para posteriores aplicaciones. De esta manera, seguir los pasos del P-P, asegura la replicación del desarrollo de intervenciones y la disponibilidad de documentar los pasos seguidos en aras de sistematizar el proceso y lograr una mejor replicación del mismo. A continuación, se describirá el proceso de diseño del proyecto, teniendo en cuenta cada una de las fases del modelo de planeación PRECEDE – PROCEED:

Fase 1 – Análisis de la situación y recopilación de información

Se realizó una revisión sistemática de la literatura. Para la revisión sistemática de la literatura se identificaron los siguientes temas prioritarios: i) efectos y riesgos en salud de la exposición a Mercurio desde el ámbito de la salud humana, la salud ocupacional y la salud ambiental, ii) marco normativo y políticas públicas en el contexto nacional e internacional, iii) programas e intervenciones para la prevención, control, vigilancia y mitigación de las exposiciones de riesgo que se han implementado a nivel nacional e internacional

Fase 2 – Diseño y propuesta de un plan de acción para el sector salud

Para la realización de la fase 2 se concertarán mínimo dos (2) reuniones con expertos nacionales e intersectoriales. La primera reunión tiene como objetivo identificar las necesidades de investigaciones y acciones prioritarias en el sector salud y a nivel intersectorial. La reunión final se realizará para revisar las propuestas de plan de acción y propuestas de prioridades de investigación nacional. Así mismo se propondrán líneas prioritarias de investigación en salud teniendo en cuenta para ello los avances científicos, los problemas prioritarios en salud, el análisis de la situación de salud, la organización y gestión de los servicios, las políticas sectoriales, considerando en todo caso, criterios de viabilidad y factibilidad, aplicación, difusión y evaluación del impacto de las investigaciones.

Para la recopilación de información a nivel nacional el equipo técnico se desplazará a las zonas priorizadas para identificar a los expertos, realizar búsqueda de información y de estrategias de acción implementadas en dichas zonas.

La propuesta del plan de acción para el sector salud será construido a partir de una metodología de planificación integral que se corresponde con los factores del modelo (P-P); también se fundamentará en otras experiencias metodológicas que se hayan trabajado, por ejemplo en el estudio de enfermedades crónicas.

4. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto denominado “Formulación de acciones y diseño de un plan de investigaciones para el monitoreo de los posibles efectos en salud asociados a la exposición a mercurio en las zonas contaminadas y priorizadas del país” contempla la realización de dos fases metodológicas, de acuerdo con el modelo teórico *Precede-Proceed*.

En respuesta a la primera fase del proyecto y con el objetivo de construir un análisis crítico de la evidencia científica, normativa y técnica, sobre la problemática del mercurio a nivel nacional e internacional del sector salud y de otros sectores relacionados se realizó una revisión sistemática de literatura. Este tipo de estudio permite identificar publicaciones relacionadas con una pregunta específica utilizando métodos estrictos para la búsqueda y selección de los documentos (25), lo que permite disminuir la probabilidad de incurrir en sesgos de selección

4.1. ELECCION DEL PROTOCOLO

Teniendo en cuenta que el uso de métodos explícitos y sistemáticos en las revisiones limita el sesgo (errores sistemáticos) y reduce los efectos encontrados por azar, proporcionando así resultados más confiables sobre los cuales sacar conclusiones y tomar decisiones, después de una revisión de varios protocolos para la realización de revisiones sistemáticas, se eligió el manual de Revisores Cochrane. De acuerdo con lo anterior las siguientes secciones están organizadas siguiendo los pasos que se requieren para la preparación de la revisión sistemática:

4.1.1. Formulación de la pregunta de investigación

En esta investigación, se realizó lectura y análisis de artículos originales, documentos técnicos, artículos de revisión y planes de intervención en el contexto nacional e internacional.

Para alcanzar este objetivo y en consecuencia con el alcance de la búsqueda de bibliografía se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

- Cuáles son las evidencias legales, técnicas y científicas de los últimos 10 años a nivel nacional e internacional sobre los efectos en salud, las

- experiencias en el desarrollo e implementación de programas de inspección, vigilancia y control en salud por la exposición a mercurio?
- Cuáles son las normas de calidad ambiental a nivel nacional e internacional que fijan la concentración máxima y mínima aceptable de mercurio para población general, población trabajadora, vulnerable, agua para consumo humano, aire y alimentos?
 - Cuáles son las iniciativas y programas a nivel nacional e internacional relacionados con el control de las liberaciones de mercurio en el medio ambiente y sus efectos en salud?

Por lo anterior, para la realización de la revisión sistemática se identificaron los siguientes temas prioritarios:

- Efectos y riesgos en salud humana, salud ambiental y salud ocupacional de la exposición a mercurio
- Marco normativo y políticas públicas en el contexto nacional e internacional
- Inventario de fuentes de liberación de mercurio a nivel nacional
- Programas e intervenciones con énfasis en las generadas en el sector salud para la prevención, control, vigilancia y mitigación de las exposiciones de riesgo que se han implementado a nivel nacional e internacional

4.1.2. Localización y selección de estudios

Se consideraron los siguientes criterios de selección para los documentos:

- Fecha de publicación: Documentos internacionales publicados a partir de 2001 y Documentos nacionales publicados a partir de 1990
- Documentos en formato de texto completo
- Tipos de documentos: Estudios observacionales nacionales e internacionales, revisiones sistemáticas de la literatura, documentos técnicos nacionales e internacionales que incluyan modelos de intervención y metodología para evaluación de las mismas, documentos legales y normativos, artículos de revisión, documentos publicados en bases de datos especializadas en salud y ambiente, documentos publicados en páginas oficiales de organismos nacionales e internacionales relacionadas con el tema.

La posibilidad de incurrir en sesgos de selección de los artículos se minimizó por medio del establecimiento de los criterios de inclusión de los documentos previo inicio de la búsqueda (26).

Adicionalmente se emplearon las siguientes estrategias para disminuir la posibilidad de incurrir en sesgos: i) lectura individual de los títulos de los documentos, ii) lectura de los abstracts de los documentos que no ingresaron en el primer paso por parte de dos evaluadores para tomar una decisión final frente a la inclusión.

La localización y selección de los estudios se realizó durante seis (6) semanas. Las fuentes de información necesarias para la identificación de los estudios incluyeron: la búsqueda en las bases de datos electrónicas, la verificación de listas de referencias y la búsqueda manual.

4.2. METODOLOGÍA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA

Para la definición de los criterios de búsqueda se llevo a cabo el siguiente procedimiento:

Selección de palabras clave: Se establecieron una serie de palabras clave que fueron sometidas a verificación en la aplicación DeCS, las cuales fueron revisadas por el grupo de trabajo encontrando un alto grado de especificidad lo cual dificultaba la búsqueda de información. En las siguientes tablas (1,2,3) se listan estas palabras para las temáticas de salud pública, salud ambiental y salud ocupacional.

Tabla 1. Lista de palabras para salud pública

| Salud Pública | | |
|--|---------------------------------|--|
| Español | Ingles | Portugués |
| Límites permisibles | Permissible limits | Limites Permissíveis |
| Grupos vulnerables | Risks groups | Grupos de Risco |
| Formulación de políticas | Policy making | Formulação de Políticas |
| Informe técnico | Technical report | Relatório Técnico |
| Evaluación de programas y proyectos de salud | Program Evaluation | Avaliação de Programas e Projetos de Saúde |
| Vigilancia sanitaria | Health surveillance | Vigilância Sanitária |
| Impactos en la salud | Impacts on health | Impactos na Saúde |
| Compuestos de metilmercurio | Methylmercury compounds | Compostos de Metilmercúrio |
| Concentración máxima admisible | Maximum allowable concentration | |

Tabla 2. Lista de palabras para salud ambiental

| Ambiente | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Español | Ingles | Portugués |
| Formulación de políticas | Policy making | Formulação de Políticas |
| Evaluación de programas y proyectos | Program Evaluation | Avaliação de Programas e Projetos de Saúde |
| Informe técnico | Technical report | Relatório Técnico |
| Vigilancia sanitaria ambiental | Environmental health surveillance | Vigilância Sanitária Ambiental |
| Bioacumulación | Bioaccumulation | Bioacumulação |
| Contaminación ambiental | Environmental pollution | Poluição Ambiental |
| Residuos peligrosos | Hazardous waste | Resíduos Perigosos |

Tabla 3. Lista de palabras para salud ocupacional

| Salud Ocupacional | | |
|-------------------------------------|------------------------|--|
| Español | Inglés | Portugués |
| Límites permisibles | Permissible limits | Limites Permissíveis |
| Exposición a riesgos ambientales | Environmental exposure | Exposição Ambiental |
| Formulación de Políticas | Policy making | Formulação de Políticas |
| Informe técnico | Technical report | Relatório Técnico |
| Evaluación de programas y proyectos | Program Evaluation | Avaliação de Programas e Projetos de Saúde |
| Vigilancia sanitaria | Health surveillance | Vigilância Sanitária |
| Minería | Mining | Mineração |
| Amalgama dental | Dental amalgam | Amálgama Dentário |

Adicionalmente, se definió un término de búsqueda inicial amplio (mercury) combinado con términos más específicos ("public health"); ("environmental pollution") y utilizando el operador AND para de esta manera garantizar que la lista de resultados se ajustara a esta necesidad específica de información.

Mercury AND "public health"
Mercury AND "environmental Pollution"
Mercúrio & "saúde ambiental"

Los términos de búsqueda se tomaron como referencia de estudios relacionados con el tema. Los expertos en el tema son considerados como referentes clave dentro del proceso de búsqueda para localizar documentos y discutir hallazgos.

No se empleó el operador bóleano OR dado que al utilizarlo se están ubicando documentos que contienen cualquiera de los términos de búsqueda solicitados. Teóricamente, este operador es útil para buscar términos sinónimos o cuasi-sinónimos.

Una vez determinado que la revisión bibliográfica para esta investigación debe dar cubrimiento a los últimos avances en el tema tanto a nivel nacional como internacional, se definieron las siguientes fuentes de información:

a. Bases De Datos Bibliográficas Referenciales:

WEB OF SCIENCE (THOMSON): Base de datos multidisciplinaria de literatura académica influyente, revisada por pares académicos y con contenidos en diferentes disciplinas, editores y lugares. Incluye los reconocidos índices:

SCOPUS (ELSEVIER): Base de datos de resúmenes y referencias bibliográficas de literatura científica revisada por pares, con más de 18.000 títulos de 5.000 editoriales internacionales se ofrece una visión multidisciplinaria de la ciencia e integra todas las fuentes relevantes para la investigación básica, aplicada e innovación tecnológica a través de artículos científicos, patentes, fuentes de Internet de contenido científico, revistas científicas de acceso abierto, memorias de congresos y conferencias.

b. Bases De Datos Bibliográficas Editores Específicos:

SPRINGER LINK (SPRINGER)

SCIENCE DIRECT (ELSEVIER)

c. Portales Legislación Nacional E Internacional:

AMBIENTALEX.INFO

SALUD.LEYEX.INFO

d. Bases De Datos Open Access:

SCIELO BRASIL

BVS-VSPCOL: Biblioteca Virtual para la Vigilancia en Salud Pública Colombia

e. Otros Recursos:

JOURNAL CITATION REPORT (THOMSON): Clasificación de las revistas científicas de acuerdo con el factor de impacto por áreas temáticas.

ENDNOTE WEB: Gestor de citas bibliográficas. Se utilizó para conformar la base de datos de documentos preclasificados para su posterior revisión exhaustiva.

4.2.1. Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda se realizó en tres aspectos: en bases de datos bibliográficas referenciales, en bases de datos editores específicos y bases de datos Open Access y en revistas de alto impacto, el procedimiento empleado se describe a continuación:

1. Búsqueda avanzada con término consultado en los campos (título, abstract, palabras clave) :

Mercury AND "public health"
Mercury AND "environmental Pollution"
Mercúrio & "saúde ambiental"

2. Limitador inicial: Fecha entre 2001 y el presente
3. Una vez obtenida una lista de resultados inicial se utilizó un filtro por categorías temáticas excluyendo las categorías no pertinentes a la información solicitada o términos que iban a ser utilizados en otras líneas de investigación anexas a este proyecto.
4. Se realizó un segundo filtro por idiomas considerando los artículos publicados en inglés, español y portugués. Se seleccionaron artículos en portugués, pero la mayoría de ellos se encuentran publicados también en idioma inglés, por lo tanto se decidió realizar la revisión en dicho idioma.
5. Se filtró nuevamente la lista de resultados obtenida, seleccionando los documentos publicados a partir del año 2009.
6. Se revisó esta nueva lista a través de una lectura rápida de abstracts para de esta manera seleccionar el primer grupo de artículos.
7. Se eliminó el filtro establecido en el numeral 5 para fijar uno nuevo teniendo en cuenta fechas de publicación desde el 2001 al 2008, se procedió a organizar estos resultados de acuerdo con el número de citas y se revisaron los artículos más citados a través de una lectura rápida de abstracts para de esta manera seleccionar un nuevo grupo de artículos.
8. Los artículos seleccionados a través de las diferentes etapas fueron exportados al gestor de citas ENDNOTE para conformar la base de datos.

4.2.2. Estrategia de búsqueda en revistas de alto impacto

Para realizar la búsqueda en revistas de alto impacto de acuerdo con el Journal Citation Report se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

1. Se consultó en la base de datos JOURNAL CITATION REPORT el ranking de las revistas académicas clasificadas en el área: PUBLIC, ENVIRONMENTAL &

OCCUPATIONAL HEALTH. Se eligió esta área temática pues no existe un área específica para cada temática específica

Ordenando por el Factor del impacto de las revistas se determinó que las 10 revistas que ocupan los 10 primeros puestos fueron:

Tabla 4. Listado de revistas según factor de impacto

| Nombre | ISSN | Factor de impacto 2011 |
|--|-------------|-----------------------------------|
| Epidemiologic Reviews | 0193-936X | 7,583 |
| Environmental Health Perspectives | 0091-6765 | 7,036 |
| International Journal of Epidemiology | 0300-5771 | 6,414 |
| Epidemiology | 1044-3983 | 5,566 |
| Annual Review of Public Health | 0163-7525 | 5,451 |
| American Journal of Epidemiology | 0002-9262 | 5,216 |
| Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews | 1093-7404 | 4,725 |
| European Journal of Epidemiology | 0393-2990 | 4,713 |
| Bulletin of the World Health Organization | 0042-9686 | 4,641 |
| Journal of Clinical Epidemiology | 0895-4356 | 4,271 |

- Se utilizó la herramienta A to Z de Ebsco para determinar en qué base de datos se encuentran disponibles estas revistas, una vez ubicadas las revistas se realizó la búsqueda el mismo término y los limitadores establecidos para las otras búsquedas.
- Se seleccionaron los artículos pertinentes y se exportaron a EndNote para obtener una base de datos de 142 documentos para el tema de salud pública y salud ocupacional y 150 documentos para el tema contaminación ambiental después de eliminar la bibliografía repetidas en cada base de datos y verificar que en las dos bases de datos no existen documentos repetidos. En la base inicial de información científica se incluyeron 292 documentos

Una vez finalizada la recopilación de documentos científicos se inició la búsqueda de documentos técnicos en organismos internacionales y nacionales relacionados con el tema. De esta revisión se incluyeron 45 documentos así:

- Documentos que contenían modelos de intervención en salud pública, salud ambiental, y salud ocupacional.
- Documentos que contenían propuestas para implementar actividades de mitigación y metodologías para la evaluación de las intervenciones

Para esto se tomó como referencia los principales organismos internacionales sobre el tema, revisando las páginas oficiales y documentos técnicos incluidos en estas páginas web entre las cuales se encuentran:

- Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos
<http://www.epa.gov/mercury/>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Redirect Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Redirect
<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts46.html>.
- Organización Mundial de la Salud :<http://www.who.int/es/>
- Proyecto global mercurio:
http://www.globalmercuryproject.org/front_page.htm
- Proyecto Mercurio Colombia:
proyctomercuriocolombia.com/mercurio/INICIO.html.
- Programa de las Naciones unidas para el Medio Ambiente:
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/tabid/434/Default.aspx>.
- Política de mercurio <http://mercurypolicy.org/>.
- <http://www.zeromercury.org/>
- <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/environ/merc-eng.php>
- Ministerio de Salud y Protección Social Colombia <http://www.minsalud.gov.co/>

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia <http://www.minambiente.gov.co>
- Corporación Autónoma Regional del Valle <http://www.cvc.gov.co/>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca <http://www.car.gov.co>

4.2.3. Evaluación de calidad de los documentos

Para determinar la calidad de los documentos a incluir en la revisión sistemática se consideraron los siguientes elementos de evaluación

- Para los artículos originales: iniciativa STROBE (27) (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology), permite evaluar la calidad de los estudios observacionales (cohortes, casos y controles y transversales)
- Para las revisiones sistemáticas de la literatura: programa de lectura crítica CASP (28) (Critical Appraisal Skills Programme) desarrollado por el grupo Oxford para la evaluación de las revisiones sistemáticas. Posteriormente se usó el STROBE para realizar la lectura crítica.
- Para los documentos de revisión y propuestas de intervenciones: se evaluaron por medio del análisis de prioridades que propone la metodología de planificación integral (29).

4.2.4. Análisis y presentación de resultados

Se presentaron a partir de un análisis descriptivo que considera los hallazgos mas relevantes en salud pública, salud ambiental, y salud ocupacional así como de la evidencia normativa, las fuentes de emisión de mercurio y los planes y programas existentes que contribuyen a remediar la problemática

4.2.5. Interpretación de los resultados

Los siguientes temas fueron objeto de discusión y conclusiones:

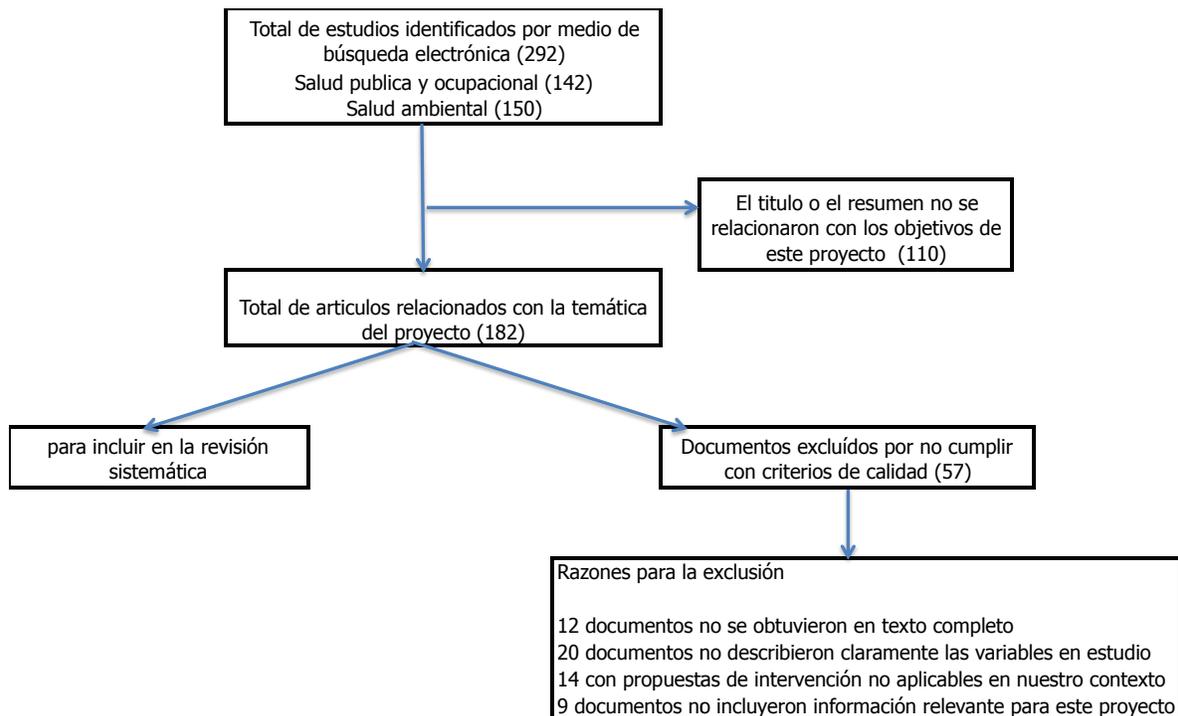
- La solidez de la evidencia
- La suficiencia de la evidencia existente
- La aplicabilidad de las propuestas de intervención en el contexto Colombiano
- Las identificación de acciones prioritarias
- Las necesidades de investigación a nivel nacional

5. RESULTADOS

El presente capítulo contiene los resultados de la revisión bibliográfica que sustenta la primera fase de este proyecto. Los resultados se presentan de acuerdo con los siguientes componentes: 1) estado del arte de los efectos del mercurio en la salud humana, la salud ambiental y salud ocupacional, 2) el marco legal existente sobre la problemática del mercurio a nivel nacional, 3) el inventario de emisiones de mercurio en Colombia y 4) los planes y programas existentes en el sector salud y otros sectores relacionados en el contexto internacional y nacional.

Se identificaron en total 292 documentos potenciales a incluir. De estos, 142 documentos correspondieron al tema de salud pública y ocupacional y 150 relacionados con salud ambiental. De acuerdo con los criterios de selección, títulos y resúmenes 110 se consideraron sin relación con los objetivos de este proyecto. Después de realizar evaluación de calidad y pertinencia se excluyeron 57 documentos. La figura 2 presenta el diagrama de flujo de la selección de documentos:

Figura 2. Diagrama de flujo de los documentos seleccionados



Posteriormente y como resultado de las sugerencias de expertos nacionales e internacionales en el tema, se realizó una nueva búsqueda para el contexto Colombia que incluyó bases de datos de universidades y documentos técnicos de organismos nacionales y regionales. Como resultado de esta búsqueda se incorporaron 35 nuevos documentos.

5.1. ESTADO DEL ARTE DE LOS EFECTOS POR LA EXPOSICIÓN AL MERCURIO

Diversas investigaciones han estudiado los efectos en salud debidos a la contaminación ambiental. Exposiciones a contaminantes criterio (bioxido de azufre, bióxido de nitrógeno, material particulado, plomo, monóxido de carbono y ozono). Los contaminantes criterio son definidos por la EPA como contaminantes potencialmente nocivos para la salud de los seres humanos. Para cada contaminante criterio se han desarrollado guías y normas las cuales establecen las concentraciones máximas de los contaminantes atmosféricos que se permiten durante un periodo definido.

Así también la exposición a metales pesados, entre esos el Mercurio, han sido asociados con incrementos en la morbilidad y mortalidad en el hombre en diferentes lugares del mundo, convirtiéndose en un importante problema de salud pública (4).

Rutas y vías de exposición:

Las fuentes naturales y antropogénicas emiten Mercurio al agua, aire, alimentos y suelo, teniendo de este modo diversas rutas de exposición tales como el aire que se respira, el agua para consumo y los alimentos, cuyas vías de exposición son la inhalación, ingestión y contacto dérmico (1). Sin embargo, la vía de exposición depende de la forma en que se encuentre el Mercurio.

En el caso del Mercurio elemental la vía principal es la inhalación, en mediciones del contenido de mercurio en aire inspirado y espirado se ha encontrado que, del 75% al 85% del mercurio, a concentraciones comprendidas entre 50 mg/m³ - 350 mg/m³ del aire inspirado, se encuentra retenido en el cuerpo humano. Esta retención baja al 50% ó 60% en personas que han consumido cantidades moderadas de alcohol, la acción del alcohol se debe a la inhibición de la oxidación del vapor en hematíes y otros tejidos. Estos resultados se interpretan como coincidentes con la difusión del vapor de mercurio en la sangre vía membrana alveolar, y se corroboran con los estudios en animales (30). Cerca del 80% de los vapores inhalados son absorbidos por los tejidos pulmonares (31). Mientras que para el metilmercurio o Mercurio orgánico, la principal vía de exposición es la ingestión (prioritariamente por consumo de comida de mar). En esta última, se

conoce que aproximadamente entre el 94-95% del metilmercurio ingerido en el pescado es absorbido por el tracto gastrointestinal (32).

De otro lado, las sales de mercurio son utilizadas como antiséptico en quemaduras, y fueron alguna vez utilizadas como diuréticos. Se absorben a través de la vía digestiva y en ocasiones también por inhalación, la mayor parte se deposita en riñón y el resto en hígado, tracto gastrointestinal, bazo y testículos. Las sales de Mercurio no atraviesan la barrera cerebral y por tanto no general efectos neurológicos severos, pero pueden causar insuficiencia renal aguda por daño tubular renal (33).

Usos:

El Mercurio se usa en la actualidad en productos como las vacunas que contienen timerosal, cremas para aclarar la piel, termómetros, pilas, usos ocupacionales como amalgamas dentales y para la extracción de oro.

En las vacunas, se encuentra por el uso del timerosal, el cual es un compuesto de mercurio orgánico antimicrobiano que se utiliza en las etapas tempranas de manufactura de vacunas o como preservante para evitar el crecimiento de microorganismos, sobre todo en las formulaciones multidosis. La acción antimicrobiana se asocia con el etilmercurio, que se libera luego de la transformación de timerosal en etilmercurio y tiosalicilato (34). A la concentración en que se encuentra en las vacunas, el timerosal no excede los límites recomendados: una vacuna que contiene 0.01% de timerosal como preservante contiene aproximadamente 25 µHg/ml (35).

En 2004 se realizó una revisión de estudios acerca de los efectos en salud por exposición a timerosal, los cuales mostraron la ausencia de asociación entre la utilización de vacunas con timerosal y trastornos del desarrollo tales como problemas del lenguaje y autismo (36, 37). Los estudios incluidos en esta revisión evidenciaron que el etilmercurio se excreta más rápido y tiene un perfil de toxicidad distinto dada la farmacocinética particular.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó en 2006 los resultados sobre los riesgos de la utilización de timerosal en vacunas a una dosis máxima de 50µg/dosis, en los que no se encontró alguna asociación de riesgo para la ocurrencia de eventos de neurotoxicidad (38, 39).

En la minería el uso indiscriminado del Mercurio como amalgama para recuperar el oro, ha causado efectos en diferentes aspectos, tales como destrucción de los recursos no renovables, concentraciones de Mercurio sumamente altas en los alrededores, contaminación de ríos y peces, efectos en salud en mineros,

familiares, vecinos y población expuesta directa e indirectamente. La principal exposición en mineros ocurre durante la quema de la amalgama, de donde se absorben vapores, los cuales generan afectación neurológica a nivel de sistema nervioso central y periférico, dificultad respiratorias, bronquitis, neumonitis intersticial y lesiones en la mucosa respiratoria (40).

Se ha calculado que el Mercurio se puede depositar a distancias aproximadas de 100 a 1000 kilómetros de su fuente (41), contaminando aire, agua y alimentos que son consumidos en todo el territorio (42). Colombia no es ajena a la problemática, y contrario a eso el país enfrenta una situación más grave, pues la minería formal e informal ha generado concentraciones riesgosas para la salud (14, 43).

Según un informe preparado por la Universidad de Columbia para la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI en 2010, Colombia se posiciona como el país con la mayor contaminación por Mercurio per cápita de la minería artesanal del oro como resultado de dicha actividad. En este informe se reporta que las concentraciones de Mercurio en aire superan 1.000 veces los límites de exposición crónica en Antioquia, específicamente en Segovia, Remedios, Zaragoza, El Bagre y Nechí. A pesar de ello, se debe evaluar de manera crítica la metodología usada para la medición, y posteriormente se requiere la confirmación de dicha evaluación y comparación (44).

5.1.1. Salud pública

El contacto con Mercurio se ha asociado con efectos en la salud, inclusive a niveles de exposición considerados como seguros. Los posibles efectos adversos dependen del compuesto de mercurio, de la concentración, tiempo de exposición, vía de absorción, interacciones con otros contaminantes y susceptibilidad del receptor, pero se reflejan en el crecimiento del feto, función neurológica y comportamental y sistemas cardiovasculares e inmunológicos (9).

La exposición aguda al vapor de mercurio causa irritación del tracto respiratorio, según la concentración, bronquitis corrosiva y neumonitis intersticial. Con la exposición crónica los efectos mayores son a nivel del sistema nervioso central, con síntomas inespecíficos denominados síndrome asténico-vegetativo o micro mercurialismo (síntomas neuroasténicos y 3 o más de: temblor, aumento del tamaño de la tiroides, aumento de la captación de radio iodo en la tiroides, pulso lábil, taquicardia, dermatografismo, gingivitis, alteraciones hematológicas o aumento de la excreción de mercurio en la orina).

La triada de temblores, gingivitis y eretismo (pérdida de la memoria, aumento de la excitabilidad, depresión y timidez) son las manifestaciones mayores de la intoxicación por mercurio a partir de la inhalación de vapores de mercurio. El riñón es el órgano blanco del mercurio inorgánico donde a altas dosis produce toxicidad directa de las células tubulares renales. El metilmercurio en altas dosis es un neurotóxico bien establecido, produce parestesias alrededor de la boca, en los labios, extremidades particularmente en los dedos y en los pies; ataxia, marcha inestable, dificultad en la deglución y en la articulación de palabras; neuroastenia, sensación de debilidad generalizada, fatiga e incapacidad para concentrarse; pérdida de la visión y la audición; espasticidad y temblor; coma y muerte. Sin embargo, el perfil de efectos de la exposición a bajas dosis por largos periodos de tiempo continúa indefinida(31, 40).

De acuerdo con el tiempo y niveles de exposición es posible determinar que exposiciones agudas (corto tiempo, generalmente días, horas o minutos) a altos niveles de concentración puede causar lesiones pulmonares, náusea, vómitos, diarrea, fiebre, aumento de la presión sanguínea o del pulso, reacciones alérgicas cutáneas e irritación ocular, cefalea, temblores e inestabilidad emocional (45). Por otro lado, exposiciones crónicas (largos periodos de tiempo, generalmente años) en concentraciones altas han sido relacionadas con efectos en el tracto gastrointestinal, sistema respiratorio, sistema cardiovascular, tiroides, riñones, funciones de órganos reproductivos y desarrollo del feto (40, 42, 46). Por último, los riesgos de exposiciones crónicas en dosis más bajas se han asociado con alteraciones del peso y talla al nacer, edad gestacional, desarrollo neurológico, coeficiente intelectual, rendimiento, capacidad visual-motora y fina, alteraciones en pruebas cognitivas como memoria y habilidades verbales en niños, enfermedades cardiovasculares en adultos y depleción del sistema inmunológico entre otros, sin embargo continúa el debate debido a la inconsistencia en los resultados (9, 46).

Población vulnerable:

Los efectos asociados a la exposición a Mercurio se han manifestado principalmente en mujeres embarazadas y niños, dado a su condición biológica. La fragilidad de los niños se debe a que estos tienen diferencias en el metabolismo, dieta, patrones de comportamiento, crecimiento y cambios orgánicos y funcionales, comparado con los adultos (47).

Según la organización de la Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) la exposición a Mercurio prenatal genera mayores efectos en el neurodesarrollo, sin embargo se evidencia que tal vulnerabilidad se extiende hasta la adolescencia, aunque no hay evidencia suficiente para concluirlo (47).

Además de la condición biológica, se encuentran poblaciones vulnerables por tener mayor probabilidad de exposición, tales como personas que trabajan directamente con Mercurio como mineros y odontólogos e individuos que consumen alimentos contaminados como pescadores, indígenas o personas que viven en las riveras del mar o ríos (48).

Dado lo anterior, se reconocen como grupos vulnerables las mujeres embarazadas, fetos y niños y personas expuestas directamente al Mercurio como: Personas que trabajan con oro, entre ellos: mineros, quemadores de la amalgama, transportadores y vendedores; en caso de ruptura de equipos o insumos que contienen Mercurio pueden estar expuestas personas del área de la salud, como: odontólogos, higienistas dentales, médicos y enfermeras; personas que vivan o trabajen en lugares con aire, agua o alimentos contaminados, personas que habitan en zonas circunvecinas a sitios de depósito de residuos peligrosos y población que consuma alta cantidad de peces o mamíferos marinos.

Límites permisibles:

En la literatura se encuentran diferentes límites permisibles tales como NOAEL, LOAEL, BMD, BMDL y RfD, con los que se han determinado los niveles de mercurio en los que se encuentran efectos en salud. Tales límites se han calculado con información generada de investigaciones representativas y posteriormente son revisados y recomendados por organizaciones reconocidas internacionalmente tales como la Organización Mundial de la Salud (WHO), la Agencia para la Protección del Ambiente de Estados Unidos (EPA), la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR), el Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS), la Agencia Europa para la Seguridad y Salud en el Trabajo (OSHA), entre otros.

El uso de ellos depende de las características del estudio, por ejemplo, el BMDL establece valores de referencia según la edad (49) y el efecto en salud que se esté investigando (32). De otro lado, los valores de dosis de referencia (RfD) han sido calculados en diferentes matrices biológicas y ambientales, los cuales son usados a nivel mundial, sin embargo en cada país se evalúa y se determina si son asumidos o requieren cambios. En Colombia, los valores de referencia y los protocolos que especifican la forma en que se deben tomar, conservar y transportar las muestras biológicas y ambientales son establecidos por la red de laboratorios del Instituto Nacional de Salud (INS), que posteriormente son valorados y asumidos por el Ministerio de Salud y Protección Social. El Instituto Nacional de Salud extrae los valores de referencia de diferentes fuentes las cuales se relacionan en la tabla, sin embargo, estas no han sido evaluadas o determinados en población colombiana. Dado lo anterior, surge la necesidad de realizar un estudio poblacional que permita

estimar los valores de referencia para mercurio en matrices ambientales y biológicas en nuestro país. Una comparación de los RfD nacionales e internacionales en matrices biológicas se muestran a continuación:

Tabla 5. Límites permisibles en matrices biológicas internacionales y nacionales

| Matriz | Condiciones de exposición | Normatividad internacional | Instituto Nacional de Salud |
|---------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| | | | Nuevo Protocolo de vigilancia 2012 |
| Sangre | Sin exposición ocupacional | 10 µg/L | 5 - 10 µg/L |
| | Con exposición ocupacional | 15 µg/L | 15 µg/L |
| Orina | Sin exposición ocupacional | 20 µg/L ó 25 µg/g creatina | 10 µg/L ó 5 µg/g creatina |
| | Con exposición ocupacional | 35 µg/g | 35 µg/g creatina |
| Cabello | Sin exposición ocupacional | 1 ppm | 1 - 2 ppm |
| | Con exposición ocupacional | - | - |
| Uñas | Con exposición ocupacional | - | - |

Tomado de: (50-52)

A nivel nacional los límites de referencia se encuentran en el protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones agudas por mercurio (51) el cual esta siendo re-estructurado (50). Sin embargo, en el protocolo vigente se encuentra que los valores han sido establecidos sólo para personas expuestas, evaluando de esta forma a personas no expuestas con niveles mas altos, adicionalmente, el documento no especifica los niveles en sangre. Dado lo anterior, el nuevo protocolo de vigilancia, remedia el problema anterior. Al ser comparado este último con los niveles internacionales, se evidencia que son similares y en algunos casos es mas estricto (orina sin exposición ocupacional).

Los límites de referencia ambientales encontrados para Colombia se resumen en la Tabla 6:

Tabla 6. Límites permisibles en matrices ambientales para Colombia

| Matriz | Tipo | Límite | Observación | Referencia |
|-----------|------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------|
| Agua | Potable | 0,001 mg/L | | Resolución 2115/07 |
| | Uso pecuario | 0,01 mg/L | Agua para uso pecuario | Decreto 1594/84 |
| | Residual | 0,01 mg/L | Vertimiento a red de acueducto | Resolución 3957/09, Bogotá |
| | Residual | 0,00025 mg/L | Vertimiento a corriente principal | Resolución 3956/09, Bogotá |
| Aire | Exposición no laboral | 0,001 mg/m ³ | | EPA |
| | Zonas urbanas | 10-20 µg Hg/m ³ ar | | Decreto 602/1998 |
| | Zonas suburbanas | 6 µg Hg/m ³ ar | | Decreto 602/1998 |
| | Límite máximo permisible | < 1 µg/m ³ | Mercurio inorgánico 1 año de exposición (Norma de calidad del aire o Nivel de inmisión en condiciones de referencia) | Resolución 610/10 Colombia |
| | Lugar de trabajo | 0,025 mg/m ³ | | ACGIH/EE.UU 1994 |
| Alimentos | Consumo humano (Hg orgánico) | 1,6 mg(Kg P.C. | Consumo máximo semanal de Hg orgánico | FAO/WHO 2007 |
| | Consumo humano | 5 µg/Kg P.C. | Consumo máximo semanal de Hg total | FAO/WHO 2007 |
| | Pescado | 0,5 µg de Hg/g | Límite máximo de metilmercurio en pescado no depredador para consumo humano | Resolución 122/12 Colombia |
| | | 1,0 µg de Hg/g | Pescado depredador para consumo humano | Resolución 122/12 Colombia |

Tomado de: Ministerio de Salud y Protección Social (53)

En Colombia la Resolución 122 de 31 de enero 2012 donde se establece parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca para consumo humano establece un límite máximo de 0,5 y 1 (mg/kg peso fresco) de acuerdo a la especie de pescado.

Características de las investigaciones realizadas:

Investigaciones realizadas han generado evidencia importante para determinar la asociación entre la contaminación por Mercurio y efectos en salud, sin embargo se han usado diversos diseños, poblaciones, unidad de medida y metodología de análisis, generando de esta forma resultados heterogéneos.

De acuerdo con el tipo de estudio, se encuentra que han sido abordados con diversos diseños como ensayos clínicos (9), cohorte (54-57), casos y controles (58-60), prevalencia (43, 61, 62) y revisiones sistemáticas (9, 63-66). Sin embargo, la decisión de tal selección se debe a la disponibilidad de información, alcance de la investigación y aspectos éticos.

En cuanto a las exposiciones, por lo general se tienen en cuenta concentraciones ambientales y biológicas de Mercurio. Los niveles ambientales son medidos en agua, aire y alimentos (peces, mamíferos marinos y semillas), mientras que los niveles biológicos (biomarcadores) para población no expuesta ocupacionalmente los biomarcadores de elección son contenidos de mercurio total en sangre y cabello. En población expuesta ocupacionalmente a vapores de mercurio, expresado como mercurio total en sangre (indicador de impregnación) y orina (indicador de excreción)(9, 42, 56, 67). Sin embargo, se ha probado que el biomarcador mas preciso en embarazadas es la sangre de cordón umbilical, seguido por el tejido de cordón, los cuales proveen una mejor precisión que el pelo de la madre (68).

Por su lado, para la población general expuesta a bajos niveles, se recomienda la evaluación en uñas, sangre y cabello (9), aunque la concentración de Mercurio de ésta última es irreversible, por lo tanto puede ser usada como exposición histórica o acumulada hasta el momento (32). Así mismo, para población expuesta a altos niveles de vapor de Mercurio se recomienda la medición en la orina (50).

En algunos casos se han unido datos de diferentes estudios que han usado diferentes biomarcadores, razón por la cual se calculó la razón cabello:sangre, la cual ha sido usada internacionalmente, tal razón es 250:1, aunque puede ser afectada por diferentes variables dando lugar a estimaciones que van desde 190:1 a 370:1 o más (32).

Los resultados de la exposición son asociados con efectos adversos en la salud que han sido evaluados con diversos instrumentos entre los cuales se destacan el protocolo de neuroepidemiología de la OMS (58), pruebas neurológicas, evaluación neurocomportamental con el Q-16 (59), test de Folstein (59), desarrollo neonatal, test de coeficiente intelectual (57), encuestas de nutrición (consumo de pescado), diagnósticos de autismo, indicadores de desarrollo (edad de la primera vez que

caminó y habló), volumen del cerebro, Escala de aptitudes niño McCarthy para el índice de rendimiento cognitivo general (GCI), memoria y capacidad motora, lenguaje, comprensión verbal y auditiva y la identificación de letras, pruebas de rendimiento Woodcock-Johnson, Test Neurológico de Denver (DDST-R), entre otros (9, 42, 58, 60, 69, 70).

Además de la medición de la exposición y del efecto, se tienen en cuenta covariables como: sexo, raza, peso al nacer, la puntuación APGAR, edad en que se realizan las pruebas, historia médica, edad de la madre, el consumo de alcohol y tabaco de la madre, antecedentes médicos, nivel educativo, estrato socioeconómico, el lenguaje utilizado en el hogar, la ocupación materna y paterna y el número de niños en el hogar (9, 42, 58, 60, 69, 70).

Para el análisis de la información se han usado diferentes metodologías como: estadísticas descriptivas, correlaciones (56), análisis espacial (64), modelos de regresión lineal, logística, Weibull y de Cox (55), modelos de ecuación estructural (67), modelos aditivos generalizados, modelo bayesiano jerárquico (57), entre otros.

Tales investigaciones se han enfocado principalmente en poblaciones vulnerables como mujeres embarazadas con sus fetos (y en gran parte de estos estudios se hace seguimiento a estos niños hasta por 9 años), niños, pescadores, mineros, odontólogos y en población general, principalmente con alta exposición a Mercurio por consumo de pescado o mamíferos marinos. Adicionalmente, se han estudiado casos de poblaciones donde han ocurrido incidentes de exposición a altas dosis del metal tales como Minamata (Japón), Iraq y Perú, los cuales han generado evidencia concluyente de los efectos en la salud debido a exposición a Mercurio. Un ejemplo de esto, es la enfermedad de Minamata (envenenamiento por metilmercurio), descubierta por primera vez en 1956 en el primer brote de envenenamiento por metilmercurio que se documentó de manera completa (4).

Resultados encontrados:

Los efectos en salud asociados a la exposición de Mercurio, han sido encontrados en diferentes magnitudes en distintos lugares del mundo. A continuación serán presentados tales resultados, citando las investigaciones más importantes de acuerdo con la distribución espacial.

Investigaciones a nivel internacional

Investigaciones realizadas en República de Seychelles, Nueva Zelanda e Islas Faroe han sido representativas y han servido de ejemplo en el análisis de la

asociación de exposición a Mercurio y efectos en salud. Además, han generado nuevas opciones que han sido reglamentadas como límites permisibles.

En estos países, los estudios han sido de tipo longitudinal, en los que se han evaluado respuestas neurológicas, psicológicas y comportamentales de niños cuyas madres consumieron cantidades relativamente altas de pescado durante el embarazo. Lo más importante de estos estudios es que la exposición fue a través del pescado, que es la ruta de mayor interés en las poblaciones humanas. Además que los tamaños de muestra son considerablemente altos y el seguimiento se realizó por periodos prolongados (hasta 9 años), razón por la cual han podido realizar diferentes análisis, entre ellos la dosis de referencia (69-71).

Para el caso de la República de Seychelles, se realizaron diferentes estudios con el mismo propósito en dos cohortes de 789 y 740 parejas madre-niño entre 1981 y 1998. El último estudio, fue el más representativo, en este se midió Mercurio en cabello materno y se encontraron niveles entre 0,5 y 26,7 ppm, con una mediana de 5,9 ppm. La cohorte fue seguida por 66 meses, con evaluaciones en cuatro períodos críticos: a los 6,5 meses de edad realizada por Myers et al en 1995 (32) a los 19 y 29 meses realizada por Davidson et. al. en 1995 (32) y a los 66 meses realizada por Davidson et. al. en 1998 (72). Se aplicaron pruebas cognitivas, de lenguaje, de memoria, atención visual, examen neuromotor, comportamiento, aprendizaje y respuestas controladoras. Los resultados evidenciaron que no existía asociación entre las variables estudiadas.

Posteriormente se realizaron nuevos análisis con estos datos pero no han encontrado asociaciones (54, 73). Estos datos también fueron usados para calcular la dosis de referencia o Benchmark (BMD) para cada prueba o efecto en salud analizado. El valor medio de la BMDL en 144 análisis fue de 25 ppm de Mercurio en el cabello materno, con un rango de 19 a 30 ppm (69, 71).

En Nueva Zelanda se realizó un estudio entre 1982 y 1983 con 11.000 parejas madre-hijo, se realizaron dos evaluaciones después del nacimiento. En la primera evaluación, realizada a los 4 años de edad, los autores concluyeron que los niños nacidos de madres con niveles de Mercurio en el cabello por encima de 6 ppm tienen el doble de riesgo de retraso en el desarrollo, en comparación con el grupo control (madres con niveles por debajo de 6ppm), según pruebas realizadas con el Test de filtro de desarrollo de Denver (DDST). En la segunda evaluación, realizada a los 6 o 7 años de edad, se concluye que los efectos del metilmercurio que lleva a retrasos en el desarrollo, posteriormente puede dar lugar a deficiencias en pruebas psicológicas. El valor BMDL en este estudio fue 7,4 a 10 ppm según la prueba realizada.

Por su lado, los estudios realizados en las Islas Faroe entre 1992 y 2000, han mostrado una sutil relación entre la exposición a Mercurio en la madre y el déficit de desarrollo en los niños a los 7 años de edad, tales como anomalía de memoria, atención y lenguaje (32).

Posteriormente, en 2007 se realizó un estudio en el que integraron los datos de los tres estudios con el propósito de establecer la relación dosis-respuesta entre exposición a Mercurio prenatal y coeficiente intelectual (IQ). En este se determinó que hay una reducción de 0,18 (-0,18) puntos en el IQ por cada aumento de ppm de Mercurio del pelo de la madre (IC 95%= -0,378 -0,009) (57).

En países como Estados Unidos, Japón y Alemania se han estimado los niveles de Mercurio en la población general (74). Uno de los estudios realizado en Estados Unidos entre el 2003 y 2008 tomó mujeres de todas las edades, en las cuales se determinaba la concentración de Mercurio en sangre y simultáneamente se les aplicó la encuesta nacional de salud NHANES (75). Este estudio encontró niveles de Mercurio más bajo en mujeres embarazadas que en no embarazadas (0,69 y 0,82 respectivamente). En mujeres embarazadas se encontró que los niveles incrementan con la edad, los niveles eran más altos para las mujeres que no tienen embarazos previos (0,88 mg/L) que para las mujeres con uno o más embarazos anteriores (0,63 mg/L), y que las México-Americanas tienen niveles más bajos de Mercurio que las negras no hispánicas (0,56 y 0,76 respectivamente).

Por último, en los Estados Unidos en el 2007 se realizó una revisión documental que evaluaba los efectos de la exposición a metilmercurio y posteriormente sacando una conclusión en consenso (74). Se encontró que el consumo de pescado total no es una variable adecuada para la medición de la exposición, se recomienda medir la especie, frecuencia y cantidad de consumo. Adicionalmente, se recomienda tomar medidas en salud pública que sugiera el consumo prudente de determinadas especies de peces, debido a que hay evidencia suficiente de efectos neurológicos, pese a que aun haya incertidumbres al respecto. Recomiendan realizar más investigaciones para aclarar la asociación con enfermedades cardiovasculares y sistema inmunológico, la interacción con otros contaminantes, factores que influyen en la absorción y toxicidad y estudios que relacionen la medición de metilmercurio y Mercurio inorgánico en uñas, pelo, sangre y orina.

Exposición a concentraciones bajas:

En contraste a lo anterior, también se encuentran investigaciones que muestren los efectos en salud por bajos niveles de exposición, tal es el caso de la revisión

systemática llamada "Evidencia sobre los efectos en la salud humana por exposición en bajos niveles de metilmercurio", realizada por Kanagas et al. en 2012 (9). Este estudio evalúa la exposición a bajos niveles de metilmercurio con efectos en el crecimiento fetal e infantil, efectos neurocognitivos y comportamentales, cardiovasculares e inmunológicos. De donde se concluye que según el crecimiento fetal e infantil, se encuentra asociación con peso al nacer y edad gestacional, donde mujeres que dieron a luz antes (<35 semanas) eran más propensas a tener niveles más altos de Mercurio en cabello que las mujeres con parto a término (OR:3,0 IC=1,3-6,7). Sin embargo, los efectos son inconsistentes, debido a la existencia de estudios donde estas asociaciones no son significativas. Además de estas variables se ha examinado tamaño al nacer y circunferencia de cabeza. Dado lo anterior, se requiere más investigación debido a la existencia de resultados mixtos.

A continuación se siguen describiendo los resultados de la investigación realizada por Karagas et al. (9):

De acuerdo con los efectos neurocognitivos y comportamentales se evidencian efectos diferenciados de acuerdo con la edad. En recién nacidos se encontró asociación con la función motora neonatal y desarrollo y con menor volumen del cerebro, pero después de los 6 meses los efectos son inconsistentes. En niños de 3 a 6 años, la exposición al Mercurio prenatal se ha asociado con el desarrollo neurológico adverso posterior, PDI, coeficiente intelectual, menores puntuaciones en pruebas de vocabulario, y la capacidad visual-motora a los 3 años de edad y peores resultados cognitivos como memoria y habilidades verbales a los 4 años de edad. Sin embargo cuando no se ajusta por consumo de pescado, los resultados son inconsistentes o incluso hasta contradictorios (beneficio de exposición). En niños de 7 a 14 años y adultos los resultados son inconsistentes, con efectos adversos, sin efecto, o incluso con efecto protector. En los primeros la asociación se realizó con coeficiente intelectual, rendimiento, memoria, funciones ejecutivas, y habilidad motora visual-motora y fina, mientras que en los adultos fue con la destreza y velocidad fina, memoria o no respuesta.

En cuanto a los efectos cardiovasculares se encontraron resultados inconsistentes, las investigaciones incluidas tuvieron en cuenta asociaciones con infarto de miocardio, hipertensión arterial, variabilidad de la frecuencia cardíaca y arteriosclerosis. Cabe resaltar que en un estudio se percibió que el riesgo de infarto agudo de miocardio y la mortalidad por cardiopatía coronaria y enfermedad cardiovascular es 2 veces mayor con un incremento de Mercurio en el pelo (>2µg/g).

En relación con la función renal no se han establecido aún relaciones o medidas de riesgo precisas. Uno de los estudios que se ha ocupado de este tema fue realizado en Japón en 2006. Esta investigación se realizó con el propósito de determinar la relación entre el nivel de mercurio total en cabello y orina con los efectos renales luego de la ingesta de metilmercurio por pescado contaminado. Se realizaron mediciones de *N-acetyl-β-D-glucosaminidasa* (NAG) y *α1-microglobulina* (AMG) en 59 mujeres que no tenían exposición ocupacional pero eran consumidoras frecuentes de pescado. Los niveles promedio de mercurio en cabello fueron de $1.51 \pm 0.91 \mu\text{g/g}$ y $0.86 \pm 0.66 \mu\text{g/g}$ de creatinina en orina. Se encontraron correlaciones significativas de la alteración de la filtración glomerular con la ingesta de pescado por encima de $9.15 \pm 7.84 \mu\text{g/día}$, sin embargo dado que este fue un estudio transversal, los autores no excluyen la posibilidad de haber incurrido en sesgos de información así como la presencia de un efecto confusor con la presencia de cadmio en las estimaciones finales (76).

Por último, se establece que no es posible concluir a cerca de los efectos en el sistema inmunológico, debido a que no hay suficientes estudios o no están realizados correctamente. En este aspecto se han tenido en cuenta factores como neurotoxicidad, incluyendo incremento de la frecuencia de anticuerpos antinucleares, cambios en los niveles de secreción de citoquinas y marcadores de activación de los linfocitos, además con riesgo de infección de malaria en poblaciones muy expuestas (mineras) y dermatitis atópica.

Investigaciones en América latina

En América latina, específicamente en Ecuador, Bolivia, Guyana Francesa y Brasil, se realizó una revisión sistemática llamada "Niveles de Mercurio en cabello en población Amazónica. Distribución espacial y tendencia" (64) la cual tenía el objetivo de establecer la distribución espacial del Mercurio y efectos en salud. Con ella fue posible establecer que el principal factor de riesgo de exposición es el consumo de pescado. Se encontraron niveles de Mercurio en cabello entre 1.1 a $34.2 \mu\text{g/g}$, de donde surge que la mayoría de las poblaciones en el amazonas sobrepasan los límites. Sin embargo, no es posible concluir sobre la relación entre Mercurio en cabello e impactos en salud en el amazonas debido al insuficiente número de estudios. Por último, concluyen que no se evidencia una tendencia espacial obvia y existen muchas áreas que nunca han sido estudiadas.

En Perú, en Choropampa en el año 2000 (31), se produjo un derramamiento de 151 Kg de Mercurio elemental que afectó a más de mil campesinos y produjo efectos tales como: sabor metálico en la boca, problemas respiratorios, alergia cutánea, así como temblores, labilidad emocional, insomnio, pérdida de la memoria, cambios en el sistema neuromuscular, dolores de cabeza, dolor lumbar y

articular. Posteriormente, en esta población se realizaron evaluaciones a población expuesta, mineros y casas del lugar de los hechos, encontrando que los mineros tenían niveles de Mercurio en orina muy elevados (superior a 50 $\mu\text{g/L}$) y en los hogares se determinó que 7 de 18 casas del lugar tenían niveles de vapor de Mercurio por encima de la norma (0,3 $\mu\text{g/m}^3$ según la EPA).

Se estableció que la intervención en este caso fue ineficiente debido a la poca experiencia o desconocimiento de la toxicología del Mercurio, la falta de equipamiento y logística. Adicionalmente, Arana en el 2009 considera que en Perú no existen adecuados mecanismos de manejo, control y mitigación del impacto ambiental de la minería.

Antes de este derramamiento (1981 a 1984) se realizó un estudio en Mancora, Perú. En donde evaluaron a 131 parejas madre-hijo, encontrando una concentración promedio (geométrica) en cabello de 7,05 ppm, con un rango de 0,9 a 28,5 ppm. Este estudio identificó una relación significativa entre los niveles maternos en cabello y las medidas de desarrollo infantil o signos neurológicos (77). Por su lado, en una zona minera de Ecuador, específicamente en Nambija, se realizó en el 1998 un estudio transversal para asociar las concentraciones de Mercurio en niños y adultos con la disfunción auditiva neurosensorial. Para ello evaluaron a dos grupos (expuestos y no expuestos) y se encontraron concentraciones en sangre estadísticamente más altas en personas expuestas que en las no expuestas (17,5 $\mu\text{g/L}$ y 3,0 $\mu\text{g/L}$ respectivamente). De acuerdo con las asociaciones con efectos en salud se determina que en los adultos fueron no significativas, sin embargo en los niños se encontró asociación con la reducción en el umbral de audición en el oído derecho (61).

Investigaciones en Colombia:

En el ámbito nacional se encuentran investigaciones realizadas principalmente en Antioquia, la Costa Atlántica y Santander. Tal es el caso de la investigación titulada "Estudio neuroepidemiológico y neurotoxicológico de una población minera con exposición crónica al Mercurio" realizada en Suratá, Santander (58). Este estudio fue de tipo transversal, pero tenía como propósito comparar unas poblaciones expuestas (mineras, familiares y vecinos) y no expuesta (general). En estas poblaciones se evaluó el nivel de Mercurio en sangre y en agua tratada y no tratada, posteriormente se asoció con el desempeño neurológico. Los resultados de esta investigación percibieron que la concentración promedio de Mercurio en sangre no superaba la norma, sin embargo existían diferencias estadísticamente significativas entre expuestos y no expuestos. En agua no tratada se superaba en gran medida la norma en los expuestos. De acuerdo con la prevalencia de eventos,

se evidencia que fue mayor en el grupo expuesto, sin embargo, no existen diferencias estadísticamente significativas con el grupo no expuesto. Adicionalmente, se encontró asociación de los niveles en sangre y enfermedad extrapiramidales y migraña.

Por su lado, Antioquia, considerado como el departamento más expuesto, ha realizado diferentes estudios, por ejemplo en el 2003 se publicó: "Medición de las concentraciones de Mercurio y controles ambientales en la quema de amalgamas provenientes de la minería" (43), en el cual se enfocaron en trabajadores de compraventas de oro y sus alrededores. Para tal efecto, determinaron las concentraciones de Mercurio en orina de trabajadores y en aire de compraventas y calles de Segovia. Se encontraron niveles 14 veces por encima de la norma para ambientes industriales según la Conferencia Americana de Higienistas Industrial Gubernamental (ACGIH por sus siglas en inglés) donde en 1994 se establece la máxima concentración en $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los niveles en compraventas se encontraban entre $192,2$ y $679,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en calles entre $315,97$ y $416,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en orina entre 47 y $420 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la Orinoquia colombiana en 1999 se realizó un estudio que tenía el propósito de establecer los niveles de Mercurio y la percepción del riesgo en población minera de oro del Guainía (78). Se tomaron dos grupos: 37 expuestos, tomando como expuestos las personas relacionadas directamente con la minería y 28 indirectamente expuestos, correspondientes a familiares y otras personas del lugar. A tales personas se les aplicó una encuesta para determinar la percepción del riesgo y se tomaron muestras de sangre y cabello para establecer el nivel de Mercurio. Se encontró que el ambiente laboral no es el adecuado, calificado como precario en el estudio. Además se establece una falta de conocimiento del riesgo ecológico y conocimiento inadecuado respecto a los efectos en salud causados por la exposición a Mercurio. Se encontró un promedio de $59,2 \mu\text{g}/\text{L}$ de Mercurio en sangre y de $26,9 \mu\text{g}/\text{g}$ en cabello para la población minera. Por su lado, en la población expuesta al Mercurio indirectamente se hallaron concentraciones promedio de $53,5 \mu\text{g}/\text{L}$ en sangre y de $22,86 \mu\text{g}/\text{g}$ en cabello. En la comparación de los dos grupos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, razón por la cual, los programas de prevención y control no deben estar enfocados sólo en la población minera.

Para finalizar, en la Costa Atlántica el estudio "Mercurio en la Costa Atlántica Colombiana: Factor limitante del desarrollo" hace una revisión de diferentes investigaciones realizadas en esta parte del país, donde evidencia las altas concentraciones de Mercurio en pescado y humanos. Una de las conclusiones más importantes es que la mojarra amarilla, el moncholo y la doncella poseen

concentraciones superiores al límite permitido según la OMS (0,5 µg, 1991) (65). De igual manera, se establece que la población con concentraciones más altas de Mercurio son los pescadores, seguidos de los mineros (2). Por último, las investigaciones revisadas encuentran que la exposición a Mercurio se asocian con los siguientes efectos: cefalea, náuseas, lesiones orales, gusto metálico, pérdida de memoria e irritabilidad (2); daño intelectual, cambios emocionales (depresión y ansiedad), alteraciones neurológicas, amnesia, insomnio y temblor en la lengua en mineros (Bagre, Antioquia, Según Tirado, 2000).

En conclusión las investigaciones revisadas han encontrado efectos inconsistentes posiblemente debida a factores tales como la población evaluada, costumbres, biomarcador usado, efectos estudiados o concentraciones encontradas. Han identificado como principal factor de riesgo el consumo de pescado o mamíferos marinos y el efecto adverso en salud más estudiado es el desempeño neurológico, especialmente la motricidad. En cuanto a los resultados no han encontrado diferencias respecto a la edad o género, pero es posible identificar que la población con mayor riesgo son las embarazadas por la susceptibilidad del feto.

Debido a la falta de evidencia, se recomienda realizar más investigaciones para aclarar la asociación con enfermedades cardiovasculares y sistema inmunológico (9), establecer tendencias espaciales (64), determinar interacción con otros contaminantes, factores que influyen en la absorción y toxicidad y estudios que relacionen la medición de metilmercurio y Mercurio inorgánico en uñas, pelo, sangre y orina (74).

En futuras investigaciones se debe tener en cuenta la medición adecuada de consumo de pescado, ya que se encontró que se debe establecer la especie, frecuencia y cantidad de consumo (74). Adicionalmente, se recomienda tomar medidas en salud pública que sugiera el consumo prudente de determinadas especies de peces, debido a que hay evidencia suficiente de efectos neurológicos, pese a que aun haya incertidumbres al respecto (74). Se sugiere que esta temática sea objeto de profundización en la próxima Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en el país.

Por su parte en Colombia, existen estudios realizados en diferentes lugares como Santander, la Costa Atlántica, Valle del Cauca y en Antioquia, esta última en mayor proporción, debida a los altos niveles de contaminación del lugar. Tales investigaciones se han enfocado en población minera y relacionada con ella (familiares, vecinos o trabajadores de compraventas). Estos estudios han encontrado niveles exageradamente altos de Mercurio en sangre, cabello, orina, aire y agua (14, 43, 59).

En Colombia al igual que en Perú, no se tienen garantías ni control gubernamental sobre los mecanismos de manejo, control y mitigación del impacto ambiental generado por la minería, por ello se recomienda evaluar la experiencia en toxicología del Mercurio, el equipamiento y logística de las autoridades ambientales y de salud de los lugares en donde se encuentran las minas de oro en Colombia.

Por otro lado, desde el ámbito de la salud pública es fundamental fortalecer la capacitación al talento humano en salud frente a la vigilancia de intoxicaciones crónicas, diagnóstico precoz, tratamiento oportuno y rehabilitación de pacientes con efectos negativos en salud como consecuencia de la exposición a mercurio.

Específicamente, respecto a los sistemas de vigilancia es necesario implementar estrategias de monitoreo de las personas que han sido expuestas a las diferentes formas de mercurio tanto de manera aguda como crónica siendo más oportunos, precisos y exhaustivos en la descripción de los síntomas.

5.1.2. Salud ambiental

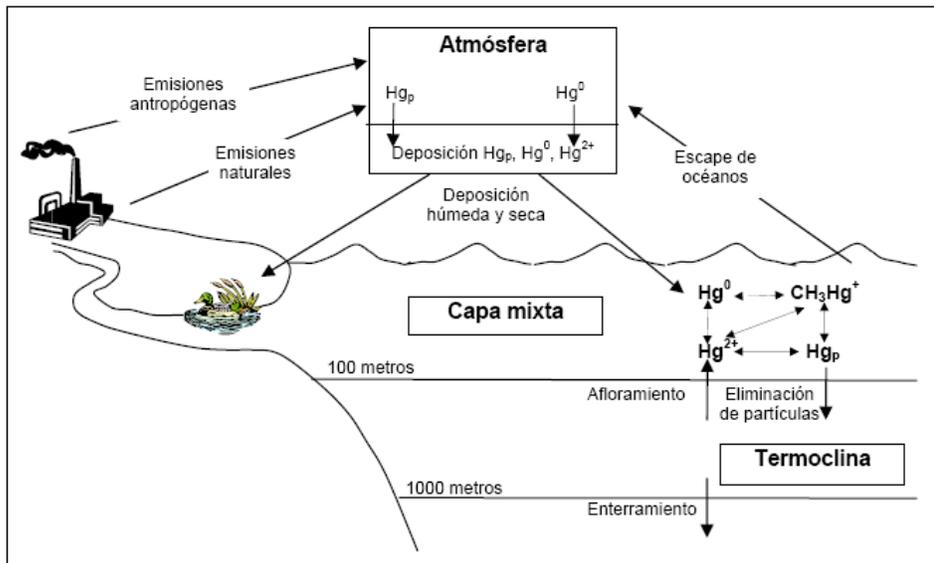
La contaminación de Mercurio ha generado impacto en niveles locales, nacionales, regionales y globales. Estos impactos pueden ser redireccionados en rangos de acción para cada uno de estos niveles, buscando objetivos relacionados con reducción de los usos, liberaciones y exposiciones.

A pesar de que se ha reducido mucho el uso del Mercurio en algunas regiones del mundo, el consumo mundial de Mercurio para usos intencionales en productos y procesos todavía es considerable. Al parecer, las liberaciones al medio ambiente procedentes de esos usos suelen subestimarse, lo más probable debido a la complejidad de tal tarea y a los mayores recursos de investigación que se necesitan para cumplirla.

Es importante comprender que los orígenes de la deposición atmosférica de Mercurio (flujo de Mercurio de la atmósfera a la tierra y a los océanos) son locales y también hemisféricos o mundiales. Además de las fuentes locales como la industria, la combustión de carbón y la incineración de desechos, las concentraciones generales de fondo que se encuentran en la atmósfera mundial/hemisférica contribuyen considerablemente a la carga de Mercurio de cualquier lugar. De modo semejante, prácticamente cualquier fuente local contribuye a los niveles de fondo. Asimismo, las corrientes oceánicas son medios de transporte de Mercurio a larga distancia y los océanos son importantes sumideros dinámicos de Mercurio en el ciclo mundial.

Las actividades naturales y humanas (antropógenas) pueden redistribuir el Mercurio en ecosistemas de la atmósfera, el suelo y el agua mediante una compleja combinación de movimientos y transformaciones. La siguiente figura ilustra las principales interacciones que ocurren entre los compartimentos ambientales.

Figura 3. Ciclo del Mercurio en el ambiente



Tomado de: PNUMA. Evaluación mundial sobre el Mercurio. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente - productos químicos, 2005

El Mercurio es emitido por una variedad de fuentes puntuales y difusas, y luego se dispersa y traslada en el aire, se deposita en la tierra y se almacena en los compartimentos ambientales (agua, suelo y atmósfera) o se redistribuye entre ellos. Por lo tanto, el ciclo y la repartición del Mercurio entre los diferentes compartimentos ambientales son fenómenos complejos que dependen de numerosos parámetros ambientales. Hasta hace poco, se suponía que la deposición húmeda representaba el principal mecanismo de transferencia de Mercurio y sus compuestos desde la atmósfera hasta los receptores acuáticos y terrestres (4).

Sin embargo, estudios realizados por el Departamento de Protección Ambiental de Florida y el Departamento de Energía de Estados Unidos han demostrado que la deposición seca de especies de Mercurio gaseoso divalente puede ser igual o mayor que la deposición húmeda, aún en zonas climáticas húmedas (4).

La forma química y física del Mercurio en el aire afecta los mecanismos por los cuales se transfiere a la superficie de la tierra y, en última instancia, incide en el flujo deposicional total. Un aumento en las concentraciones de Mercurio del aire ambiente produce un aumento en la exposición directa de los seres humanos y un aumento en el flujo de Mercurio que entra en los ecosistemas terrestres y acuáticos, lo cual provoca una elevación de las concentraciones de metilmercurio en la biota de agua dulce y marina (6).

Una vez en los ecosistemas acuáticos, el Mercurio puede existir en forma particulada ó disuelta y transformarse en metilmercurio mediante procesos químicos o microbianos. Los sedimentos contaminados en el fondo de las aguas superficiales pueden constituir un importante depósito de Mercurio. El Mercurio unido a los sedimentos se recicla entrando otra vez en el sistema acuático durante décadas o más tiempo. En suelo, el Mercurio tiene un largo tiempo de retención y en consecuencia, una vez acumulado puede seguir liberándose a las aguas superficiales y otros medios por largos períodos de tiempo, posiblemente cientos de años (4).

A nivel ambiental la actividad minera es la principal fuente de contaminación (vapor de Mercurio), la siguen entre otras la fundición de metales, la producción de cloro e hidróxido de sodio, la obtención de pinturas y pigmentos, la construcción de equipos eléctricos y baterías, la ruptura y fabricación de termómetros, el uso de equipos médicos y lámparas.

En este punto es importante establecer que todas estas emisiones (antropogénicas) son catalogadas como residuos y en particular peligrosos por la utilización del Mercurio; y para esto el Decreto 4741 de 2005 establece como generador a cualquier persona cuya actividad produzca residuos o desechos peligrosos. Así mismo este Decreto establece como disposición final, el proceso de aislar y confinar los residuos o desechos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

Rutas y vías de exposición

El ciclo del Mercurio está basado en su comportamiento en los diferentes medios, en las reacciones químicas implicadas, así como en parámetros de transporte y su destino final. La cantidad de Mercurio presente en cualquier punto de la tierra está en función de:

- El ciclo global natural.
- El ciclo global perturbado por las actividades antropogénicas.
- Fuentes regionales de Mercurio.
- Fuentes locales de Mercurio.

Se estima que los océanos constituyen las mayores reservas de Mercurio, con alrededor de 10g de Mercurio principalmente en forma de HgS. La biosfera, principalmente en forma de biota terrestre, contiene 10g; 10g la atmósfera y 10g las aguas terrestres. En este balance queda excluido el Mercurio presente en minas y otras reservas subterráneas (8).

El Mercurio en la atmósfera

Los procesos que definen el transporte y destino del Mercurio en la atmósfera son: las emisiones, la transformación, el transporte en la atmósfera y la deposición. La emisión puede tener como origen procesos naturales (volatilización desde medios acuáticos y marinos, a partir de la vegetación, la liberación de gases de materiales geológicos y emisiones volcánicas) o antropogénicos (procesos industriales y fuentes de combustión como la quema de carbón).

En la atmósfera, el Mercurio existe en tres formas diferentes; vapor elemental de Mercurio (Hg⁰), compuestos divalentes gaseosos (Hg (II)) y asociado con partículas (Hg (p)). Las tres especies tienen comportamientos y ciclos de vida diferentes. EL Hg⁰, Oxido de Mercurio, conocido también como Mercurio gaseoso iónico o reactivo (Reactive Gaseous Mercury, RGM) es estable con una vida media de 0,5 a 2 años, hecho que favorece su distribución a escala global, viajando largas distancias y permaneciendo en la atmósfera largos periodos de tiempo, pudiendo trasladarse globalmente (de 100 a 1.000 kilómetros de su origen) antes de sufrir alguna transformación. Los Hg (II) y Hg (p) son depositados más fácilmente sobre áreas y recursos locales a escalas regionales en vías húmedas (recursos hídricos) y secas (Suelos). Las emisiones recientes estimadas de Mercurio global anual de todas las fuentes (naturales y antropogénicas) son altamente inciertas pero se calculan en unas 4.800-8.300 toneladas por año (4).

El Mercurio en los suelos

Una vez el Mercurio es depositado en el suelo, las especies están sujetas a un amplio abanico de reacciones químicas y biológicas. Las condiciones del suelo (Ph, temperatura, etc) son favorables para la formación de compuestos inorgánicos como HgCl₂, Hg(OH)₂ y compuestos inorgánicos encadenados con aniones orgánicos. Estos compuestos son bastante solubles y en consecuencia móviles; suelen formar complejos con la materia orgánica (ácidos flúvicos y húmicos) y arcillas de los suelos. Este comportamiento limita en gran medida su movilidad en

los suelos, haciendo que éstos actúen como grandes reservas de Mercurio antropogénico (4, 6).

En relación con el mercurio en el suelo, hay estudios de Europa que sugieren que el mercurio ocasiona una reducción de la actividad microbiológica vital para la cadena alimentaria terrestre en suelos y potencialmente en muchas otras partes del mundo con suelos de características similares. A fin de prevenir los efectos ecológicos del mercurio en suelos orgánicos se han establecido límites críticos preliminares de 0,07-0,3 mg/kg de contenido de mercurio total en el suelo. Dichos límites fueron elaborados por un grupo internacional de expertos en límites críticos de metales pesados basados en los efectos, trabajando en el marco del Convenio sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa.(79-81)

Una de las razones por las que el suelo se contamina de mercurio es porque gran parte del mercurio que se encuentra en el suelo está unido a la masa de materia orgánica y puede ser lixiviado por la escorrentía sólo cuando se encuentra unido a humus o suelo en suspensión. Por esa razón el mercurio tiene un largo tiempo de permanencia en el suelo y, por lo tanto, el mercurio acumulado en el suelo se puede seguir liberando a las aguas de superficie y otros medios durante largos períodos de tiempo, posiblemente cientos de años (79, 80)

En Almadén una zona minera en la zona central de España, que es reconocida como la mayor anomalía geoquímica de mercurio en la tierra habiendo producido una tercera parte de la producción mundial del mercurio se determinó que sus suelos son altamente contaminados con algunas zonas que muestran valores muy por encima de 1000 ppm de Hg.

Los análisis indicaron que el mercurio en Almadén está en las formas de partículas de cinabrio y como mercurio enlazado a la materia orgánica, de igual forma se sugiere que esta alta contaminación puede estar relacionada con hallazgos previos de mercurio en plantas locales como *Asparagus acutifolius* –Espárrago-, *Dittrichia graveolens*, *Marrubium* en las cuales se encontró mercurio incorporado en raíces, tallos y hojas (82).

Por lo anterior la preocupación por determinar el nivel de contaminación en suelos expuestos a minería ha desencadenado estudios en Venezuela (83) y México (84), entre otros que alertan a las autoridades sobre los efectos ecológicos que pueden provocar por los altos valores de mercurio encontrados.

De igual forma se han planteado estrategias para remediar suelos contaminados con mercurio mediante el diseño de tecnologías físicas de tratamiento como la excavación, fijación y lixiviación, debido a que estas presentan costos elevados y además contribuyen con el deterioro del sitio tratado se han considerado plantas que en forma natural pueden establecerse en medios contaminados con metales pesados y acumularlos en sus tejidos o transformarlos a especies químicas menos tóxicas. Estas propiedades se vienen aprovechando en una técnica llamada fitorremediación, que es la utilización de plantas para remover, acumular e inactivar contaminantes. Un estudio realizado con el guarumo -*Cecropia peltata*, se determinó en condiciones controladas la influencia del grado de contaminación, la aplicación de ácido cítrico y tiempo de crecimiento sobre la tasa de remoción de mercurio en suelo. Después de 4 meses de crecimiento, los porcentajes de remoción estuvieron entre 15.7% y 33.7% debido a la capacidad del guarumo para acumular grandes cantidades del metal sin presentar efectos tóxicos considerables, así como al alto contenido de mercurio biodisponible en los suelos contaminados, lo que conllevó también a que el ácido cítrico no tuviera una influencia significativa sobre la recuperación de Hg; por lo cual se concluyó, que el guarumo es una especie con capacidad fitorremediadora (85).

El Mercurio en Aguas terrestres

El Mercurio y el metilmercurio pueden ser depositados directamente desde la atmósfera por vía húmeda o seca sobre cuerpos de agua terrestre; así como por medio de acción de las lluvias (Hg complejo a suelo/humus en suspensión). Durante las últimas décadas la contaminación ha alcanzado concentraciones promedio en aguas naturales de 1,5 ng/lit, y la proporción de metilmercurio es generalmente <10% (4, 6).

Control ambiental y biológico de Mercurio

Existen varios procedimientos para la determinación ambiental de Mercurio, los cuales pueden ser sistemas activos o pasivos. La utilización de uno u otro sistema depende del tipo de evaluación que se desea realizar, de las condiciones instrumentales y técnicas disponibles y de la forma en que se encuentre el contaminante. Si se desea medir una concentración puntual pueden utilizarse aparatos de lectura directa (4, 6).

El caso más frecuente es la captación de Mercurio en estado vapor, para lo cual se pueden utilizar tubos absorbentes (hopcalita, dióxido de manganeso, carbón activo, etc.) o monitores pasivos (placas de oro, plata, etc.) que amalgaman el Mercurio (4, 6).

Si se ha captado en tubos adsorbentes, lo más frecuente es determinar el Mercurio mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica y si se han utilizado monitores pasivos se acostumbra a medir variaciones de conductividad eléctrica. Si el Mercurio se encuentra en forma de materia particulada (polvo) su captación se realiza en filtros y su análisis por espectrofotometría de Absorción Atómica. Para la determinación analítica también se pueden utilizar técnicas electroquímicas (Polarografía, Potenciometría de redisolución química).

Muestreo para Mercurio Total Gaseoso

El método de muestreo está basado en la amalgamación de Mercurio con el oro. Con el método de trampa de oro, el Mercurio gaseoso es muestreado por volúmenes de aire controlados (Caudal Continuo) por tubos de cristal de cuarzo, que contienen oro en trozos. Las trampas de oro son analizadas utilizando pirolisis y el Vapor Frío de Espectroscopia de Fluorescencia Atómica (CVAFS) (86).

Muestro para Mercurio Total Particulado

Específicamente para este tipo de muestreo se utilizan filtros de Teflón de membrana, con un tamaño de poro de 0,45 μm . El caudal de muestreo es aproximadamente 10 lt/minuto. El contenido de Mercurio de la solución de digestión es determinado por métodos estándar (EPAMETHOD 1631), el límite de detección es 0,1 pg m^{-3} (86).

Características de las investigaciones realizadas

En el contexto ambiental, y dado el creciente interés del problema del mercurio en el agua se han realizado numerosas investigaciones que se han ocupado de estudiar dicho problema y su relación con la salud humana a través del consumo de pescado contaminado.

A pesar de las bondades del consumo de pescado por la presencia de sustancias esenciales durante las etapas iniciales del desarrollo del cerebro y el sistema nervioso, resulta cada vez más preocupante para los consumidores la presencia de sustancias contaminantes en algunos pescados y productos pesqueros, así como en otro tipo de alimentos. Se sabe que algunos productos pesqueros contienen contaminantes como el metilmercurio (mercurio en su forma más tóxica) o las dioxinas (todos los compuestos análogos a la dioxina) (87).

El metilmercurio es predominante en el tejido de los peces. Las personas que consumen grandes cantidades de peces contaminados con metilmercurio tienen una mayor carga en el organismo que la que no consume pescado. El sistema nervioso humano es un destino sensible para la exposición del metilmercurio, poniendo en mayor riesgo el desarrollo de los fetos y niños pequeños (7).

Es importante tener claridad sobre los riesgos y beneficios del consumo de pescado para brindar la información adecuada a la población que lo consume, puesto que la producción de pescado ha tenido un crecimiento relevante. De acuerdo con los reportes internacionales existe una producción mundial de pescado importante que ha continuado aumentando hasta llegar en 2008 a 142 millones de toneladas aproximadamente, tal aumento se deriva de la producción acuícola, que actualmente alcanza la cantidad de 52,5 millones de toneladas y representa casi 46% de la totalidad de pescado destinado al consumo (87).

El contenido de mercurio en los alimentos, con exclusión del pescado, oscila entre 3 y 20 microgramos/Kg. y en muy raras ocasiones supera los 60 microgramos/Kg. En los peces de agua dulce se citan valores entre 200-1.000 microgramos/Kg con la mayor parte de los valores entre 200-400 microgramos/Kg. En los peces oceánicos los valores se sitúan entre 0-500 microgramos/Kg con la mayoría de los valores en torno a los 150 microgramos/Kg. La excepción a esta norma son las especies depredadoras (pez espada, atún, hipogloso), que presentan valores entre 500 y 1.500 microgramos/Kg (87).

Entre el 25 y el 29 de enero de 2010 se realizó la consulta de expertos sobre los riesgos y beneficios en la Sede de la FAO, en Roma (Italia). En dicha consulta participaron 17 expertos en nutrición, toxicología y evaluación del riesgo. En esta reunión se realizó un debate alrededor de los riesgos y beneficios del consumo de pescado. Los expertos convinieron que el consumo de pescado forma parte de las tradiciones culturales de muchos pueblos y puede que no exista ningún otro alimento alternativo asequible fuente de tales nutrientes (88).

Por lo anterior, se han realizado numerosos estudios cuyo interés radica en analizar las concentraciones de mercurio en diferentes especies de peces. Es así como en Indonesia en el año de 2003, se realizó la recolección de peces de dos regiones de minería aurífera: Tatelu -Provincia de norte Sulawesi-y Galangan - Distrito de Katingan, Provincia Central de Kalimantan- donde se encontró que en los peces de agua dulce de la zona de Tatelu en la cual se libera grandes cantidades de mercurio la concentración del metal fue de $0,58 \pm 0,44 \mu\text{g/g}$ (N=131) con más de 45% de peces con niveles de mercurio por encima de los niveles permitidos para humanos ($0,5 \mu\text{g/g}$) (89).

En otro estudio realizado en Indonesia se determinó la concentración de mercurio en muestras de cabello de residentes y muestras de pescado de las poblaciones de Phnom Penh, Kien Svay, Tomnup Rolork y Batrong. Estas son zonas con altos niveles de exposición a desechos industriales que contienen mercurio (90). La concentración de mercurio encontrada en las personas de las cuatro comunidades de Camboya estuvo en un rango de $0,54$ a $190 \mu\text{g/g}$ de peso seco y el promedio

fue de 3,1 $\mu\text{g/g}$ (peso seco). No se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de mercurio de peces marinos y de agua dulce recolectadas. Sin embargo en especies marinas como el bagre se encontró en magnitud mayor concentración de mercurio que en los otros peces (0,14–0,96 $\mu\text{g/g}$) (90).

En Estados Unidos se realizó un estudio en maternas a las cuales se les determinó el nivel de mercurio en cabello y se realizó una encuesta retrospectiva sobre sus hábitos alimenticios durante los 6 meses previos al inicio del estudio y se encontró que los niveles de mercurio estuvieron en un rango de 0,01 a 2,50 $\mu\text{g/g}$, con un promedio de 0,29 $\mu\text{g/g}$ y una mediana de 0,23 $\mu\text{g/g}$. Aproximadamente 20% de las mujeres tuvieron niveles mayores a 0,38 $\mu\text{g/g}$. A pesar del modesto nivel de consumo de pescado, este estudio muestra una fuerte relación entre el consumo de pescado y los niveles de mercurio en cabello de las maternas. Adicionalmente se encontró que la mayor fuente de consumo de pescado para exposición a mercurio pareció ser el pescado enlatado (91).

En el año de 2009 se realizó un estudio en Cartagena, Colombia para determinar la concentración de mercurio en atún enlatado y se encontró que las concentraciones de mercurio total en las muestras de atún variaron entre 0,09 y 2,59 ppm (0,86 \pm 0,09 ppm), 34% de las muestras analizadas excedió el límite máximo de mercurio establecido por la legislación colombiana (1 ppm), y 59% de las mismas sobrepasó los niveles recomendados por la OMS (0,5 ppm). Los resultados sugieren que el consumo de atún enlatado en la ciudad de Cartagena representa un riesgo moderado para la población en general en términos de exposición a mercurio. Además, los grupos vulnerables (niños, mujeres embarazadas, personas con problemas cardíacos y aquellas que buscan beneficios dietéticos y cardiovasculares) deben limitar su consumo, ya que el riesgo es elevado para estos grupos. Por tanto, el monitoreo constante de los niveles de mercurio en estos alimentos debe implementarse para garantizar la salud de la población (92).

Otros estudios en Colombia también han mostrado que en los sitios donde se realiza explotación minera existen peces con altas concentraciones de mercurio. En 2009 se realizó un estudio en la Ciénaga de Ayapel y en el río San Pedro, zona que presenta minería extensiva de níquel y explotación aurífera. Se realizaron mediciones de nivel de mercurio en peces y se encontró que del total de especies ícticas recolectados (45 en total), 19 (42,2%) superaron la concentración máxima permisible de 0,5 $\mu\text{g/g}$ establecida por la Organización Mundial de la Salud como segura para el consumo humano. Todas ellas son especies carnívoras. Sin embargo, para proteger a la población vulnerable (menores de 15 años, mujeres embarazadas y consumidores frecuentes), la misma organización ha establecido un

límite de 0,2 $\mu\text{g/g}$, por lo que el número de especímenes sobre este nuevo límite aumentó a 36 (80%), incluidos especímenes de especies no carnívoras (93).

Adicionalmente, una revisión realizada en el año 2006 en peces dulceacuícolas de Colombia se indica que de acuerdo con los estudios realizados para determinar las concentraciones de mercurio existe una relación directa entre las altas concentraciones en peces con la cercanía a las zonas con influencia directa de vertimientos de aguas de minería aurífera, encontrándose valores críticos en la región de la Mojana y zona del nordeste antioqueño donde casi todas las muestras presentaron valores superiores a la norma de 0,5 $\mu\text{g/g}$ de mercurio.

Adicionalmente las concentraciones de mercurio más altas se encontraron en las especies carnívoras como el Moncholo (*Hopliasmalabaricus*), la Doncella (*Ageneiosuscaucanus*) y la Mojarra (*Caquetaiakaussi*) que se encuentran en la parte alta de la cadena alimenticia. Sin embargo, también se encontraron niveles altos en especies detritívoras como la Arenca (*Triportheusmagdalenae*) que presentan una acumulación considerable del metal debido a la manera en que estas especies obtienen su alimento de los sedimentos, los cuales presentan niveles altos de mercurio (94).

De otro lado, dado que el consumo de pescado hace parte de las tradiciones culturales de numerosas comunidades, se han realizado estudios con poblaciones indígenas que tienen un alto consumo de pescado con el objetivo de estimar las concentraciones de mercurio en peces y la exposición de la población.

Uno de ellos se realizó en Venezuela en las zonas de asentamientos indígenas El Casabe y El Plomo. Se encontró una alta concentración de mercurio en la especie piscívora payara (2,054 $\mu\text{g/g}$). De los análisis de mercurio realizados se concluye que el 46.13% de los peces muestreados presenta niveles promedio de mercurio total en tejido muscular que exceden los valores fijados por la OMS/FAO 0.5 $\mu\text{g/g}$ (95).

Adicionalmente, en Brasil se encontró que en una población indígena de la Reserva Munduruku, la concentración promedio de mercurio en los peces carnívoros fue de 0,293 $\mu\text{g/g}$ y de las no carnívoros fue de 0,112 $\mu\text{gHg/g}$. Las concentraciones más elevadas de Hg fueron encontradas en las especies de *tucunaré* y *traíra* (carnívoras), las cuales están entre las más consumidas por la comunidad. Dentro de las no carnívoras analizadas, cuyas concentraciones fueron relativamente más bajas, sobresalen las especies *jaraqui* y *aracu*, también de elevado consumo. A pesar que el pescado consumido por la población de *Sai Cinza* está con concentraciones promedio de mercurio por debajo de lo que establece la

legislación, la frecuencia de consumo y la cantidad diaria ingerida es un componente esencial en la validación del riesgo de contaminación por mercurio (96).

Cabe resaltar que además de la bioacumulación del mercurio en el pescado, se ha encontrado que también se presenta en otros alimentos de consumo humano como el arroz en China (97) y en ballenas y delfines consumidos en Japón (98) así como en moluscos en Chile (99).

La presencia de Mercurio en los alimentos ha provocado epidemias de gran envergadura a nivel mundial, una de las mayores es la presentada en Iraq donde se realizaba el tratamiento de granos de semilla con plaguicidas. Los compuestos órgano mercurícos primero fueron utilizados como preparaciones de la semilla en 1955 y debido al consumo de granos tratados consumidos por los agricultores y sus familias se presentaron epidemias antes de 1960 y una epidemia grande en el invierno de 1971-1972 en el que un total de 6.530 casos fueron admitidos en el hospital y de esos murieron 459 (100, 101).

Para evitar intoxicaciones causadas por alimentos contaminados por Mercurio es importante monitorear el contenido de mercurio de alimentos de consumo, por ejemplo, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria para el Consumo del Pescado ha realizado investigaciones para determinar los niveles de metales pesados en productos como carne y leche de bovinos y carne de porcinos. En uno de estos estudios se pretendió cuantificar las concentraciones de Mercurio en el ganado de dos zonas: una rural y otra industrial y minera. Se encontró que la mayoría de las muestras (79,5-96%) de hígado, músculo y sangre no contienen residuos detectables, en cambio el mercurio suele ser detectado en el riñón (62,4 - 87,5% de las muestras). Las concentraciones de mercurio en riñón fueron significativamente mayores en los terneros de la zona rural que en los animales de la zona industrializada-minera. En general de acuerdo con los hallazgos los valores no parecen ser un riesgo para la salud humana o animal (102).

Otros animales de consumo humano son las tortugas, en países asiáticos las tortugas se han usado como alimento y como medicina (103), en Colombia también se ha reportado su consumo en zonas costeras donde existe un peligro de extinción importante de muchas especies de estos ejemplares (104).

El consumo de tortugas puede ser un riesgo para la salud de las personas de acuerdo con los hallazgos de un estudio realizado en tortugas incautadas en mercados que las vendían para consumo y mascotas. En este estudio se obtuvieron muestras de 14 especies y 6 familias de cuatro continentes incluyendo:

10 especies de Asia, una de Asia Austral, una de Centro América y dos de América. Los valores de Mercurio encontrados indicaron un patrón general de niveles, donde el Mercurio del hígado fue el más alto, seguido del de riñón y de la placa dérmica ósea (caparazón). Cuando se observaron los valores de Mercurio de acuerdo con el patrón dietario se encontró que los valores en músculo, caparazón y garras tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de dieta y esos tejidos siguieron el patrón esperado, es decir: el nivel de mercurio en carnívoros fue mayor que en omnívoros y este mayor que en herbívoros.

Los autores además, compararon las concentraciones de mercurio con los límites de consumo desarrollados por la FDA (Agencia de administración de drogas y alimentos) de Estados Unidos para evaluar el mercurio en los tejidos de peces y varias muestras excedieron el consumo recomendado de 1.900 partes por millón como umbral de consumo, indicando que los consumidores que ingieren ciertas especies de tortugas de manera frecuente pueden estar al riesgo de problemas de salud relacionados con el mercurio (103).

Se ha mostrado que existen otros animales de consumo humano con niveles importantes de mercurio, es así como en un estudio realizado en Caribús (*Rangifer tarandus*) en dos regiones del norte de Quebec entre 1994 y 1996, se encontró que del total de muestras tomadas, un 54% de las muestras de hígado y 81% de las muestras de riñón exceden los límites del umbral de consumo de 0,5 partes por millón. Por lo tanto se recomienda que las restricciones sobre el consumo de hígado y riñones de caribú del Norte de Quebec en el momento del estudio aún debían mantenerse (105).

En otro tipo de alimentos como las setas –*Tricholoma equestre*, conocido como caballero amarillo- que son frecuentemente consumidos en países como Polonia, se ha observado el mercurio acumulado en los cuerpo fructíferos de las setas, estos hallazgos pueden sugerir riesgos en salud para los consumidores ya que en países donde *T.equestre* crece, puede ser consumido por algunos individuos en grandes cantidades (106).

Otros estudios indican que reptiles, particularmente serpientes, pueden ser útiles como bio-indicadores de contaminación por causa de que algunos son relativamente de larga vida, exhiben diferentes niveles tróficos y están en el extremo de la cadena alimenticia.

Esos datos indican que las serpientes de agua acumulan contaminantes de manera diferencial como una función de la ubicación, pueden ser bioindicadores útiles de exposición medioambiental a contaminantes. Además, debido a su amplia

distribución geográfica y el uso de diferentes compartimentos de la cadena trófica, este género puede ser útil para realizar comparaciones entre sitios (107).

En general se puede concluir que a nivel nacional existen diferentes entes que tienen acciones específicas en la vigilancia en salud pública del mercurio en el ambiente y de las intoxicaciones por mercurio, para profundizar en el conocimiento de los hallazgos se deben fortalecer los espacios de análisis conjunto para que se tomen las decisiones más acertadas en términos de políticas de intervención en diferentes sectores.

Aunque se ha documentado que el pescado es una fuente importante de mercurio que afecta la salud de los humanos especialmente de grupos vulnerables, la producción y consumo de pescado en nuestro entorno se mantiene, debido a los múltiples nutrientes que este contiene; para minimizar la exposición al mercurio es importante que la comunidad conozca las especies de pescado que representan mayores niveles de mercurio y los de menor nivel para que las personas tomen una decisión acertada frente a cual pescado deben consumir.

Diferentes organismos internacionales (FAO, EPA) a través del CODEX alimentarius establecieron la cantidad máxima de pescado que es posible consumir con seguridad para la salud humana. La cantidad máxima está calculada a partir de indicadores como la Ingesta Aceptable Diaria (IAD), la Ingesta Semanal Tolerable Provisional (PTWI), denominada en español ISTMP, o referida al periodo diario, como (IDTMP) Ingesta Diaria Tolerable Máxima Provisional (86).

El comité de expertos en residuos en los alimentos (JEFCA) de FAO/OMS revisó la ingesta semanal tolerable provisional (ISTMP) establecida en 3,3 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ p.v. en el año 2003 y la estableció con un límite de 1,6 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ p.v. Esta modificación está basada en los estudios de la Islas Faroe y Seychelles sobre los efectos neurológicos en infantes (86).

Es importante profundizar las razones por las cuales los consultorios e instituciones con atención odontológica no cumplen con los lineamientos nacionales para la disposición de residuos hospitalarios relacionados con el Mercurio. Así también es importante profundizar acerca de la problemática del mercurio y sus implicaciones en el personal de salud oral.

5.1.3. Salud ocupacional

El Mercurio se ha utilizado en el contexto de la medicina por décadas como un tratamiento para enfermedades como la sífilis, como desinfectante y como material reconstructivo en odontología. A pesar de que recientemente se han emitido ciertas regulaciones para la utilización del Mercurio en la farmacopea, su utilización aún es muy amplia en la medicina tradicional y en otras prácticas de salud.

En Almadén - España la mayor mina productora de mercurio funcionó desde la época de los romanos hasta el año 2003 de manera ininterrumpida. Las minas de Almadén e Idria son las minas de mercurio más grandes del mundo y estuvieron en funcionamiento hasta hace pocos años, cuando se prohibió el uso del mercurio por los problemas de salud que puede ocasionar. Se calcula que de ellas se obtuvieron más de 250.000 toneladas de este metal líquido. El Hospital de Mineros de dicha zona se fundó a mediados del siglo XVIII y por tanto actuaciones asistenciales y preventivas se practicaron en este complejo minero-metalúrgico desde esa época hasta el cese de actividades en el 2003.

Teniendo en cuenta que la problemática del Mercurio en ambientes ocupacionales se considera prioritaria, diversos organismos e institutos especializados en la protección de la salud de los trabajadores (Tabla 7) han desarrollado estudios e investigaciones que hacen referencia a las metodologías y procedimientos técnicos que se deben emplear para realizar mediciones de agentes, materiales, sustancias, o compuestos de los lugares de trabajo. Las organizaciones más representativas de los Estados Unidos Americanos son:

La Administración de Salud General y Ocupacional (OSHA), órgano de la Administración federal Americana, encargada del establecimiento de normas legales relativas a la prevención de riesgos y promoción de la salud en el ámbito laboral. Los valores que propone la OSHA se denominan "Límites permisibles de exposición " (PEL) y son los únicos que tienen validez desde el punto de vista legal.

El Instituto Nacional de Salud Ocupacional (NIOSH), institución dependiente de la Administración federal americana que, entre otras actividades, desarrolla y revisa periódicamente recomendaciones para límites de exposición a sustancias o condiciones potencialmente peligrosas en el ámbito de trabajo. Los valores que establece el NIOSH se denominan " Límites de exposición recomendados " (REL).

Estos límites son asumidos por las agencias y entes regulatorios de cada país y son aplicados a las normativas establecidas, para obtener así un parámetro de

referencia global cobijado bajo unas mismas especificaciones, buscando uniformidad e igualdad.

La ACGIH, es una asociación con sede en Estados Unidos, que agrupa a más de 3000 profesionales de la Higiene del Trabajo. Los valores que establece la ACGIH se denominan "Umbral de valores límite" (TLV) y se basan exclusivamente en criterios científicos de protección de la salud. Estos valores son sólo unos límites recomendados, pero gozan de un elevado prestigio en el mundo de la Higiene Industrial.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo Español (INSHT), que tiene la misión de promocionar y apoyar la mejora de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo de los españoles, es el referente a nivel europeo de Normas Técnicas de Prevención. Estas normas son documentos breves, que tratan temas preventivos, con una orientación eminentemente práctica. Entre otras normas acoge y reúne dentro del mismo documentos técnico las recomendaciones del Internacional Programme on Chemical Safety (IPCS).

Tabla 7. Organismos legislativos ocupacionales.

| | | |
|----------------|------------------|--|
| Estados Unidos | NIOSH | Relative Exposure Limit (REL) |
| | ACGIH | Threshold Limit Values (TLVs) & Biological Exposure Index (BEIs) |
| | OSHA | Permitive Exposure Limit (PEL) |
| Colombia | Res 2400 de 1989 | Threshold Limit Values (TLVs) & Biological Exposure Index (BEIs) |
| Italia | ACGIH/INSHT | Threshold Limit Values (TLVs) & Biological Exposure Index (BEIs) |
| Portugal | | |
| España | | |
| Grecia | | |

Fuente: Consejo Colombiano de Seguridad

En el contexto ocupacional las intoxicaciones por Mercurio pueden presentarse como eventos agudos, sub-agudos y crónicos. La intoxicación aguda y sub-aguda es muy infrecuente, salvo que se presenten accidentes.

Las intoxicaciones agudas pueden presentarse por medio de diferentes vías de ingreso. En caso de presentarse inhalación, se genera una traqueo bronquitis que siempre se acompañan de tos e hipertermia; posteriormente aparece una neumonía difusa y a veces un neumotórax bilateral. Si la vía es por inhalación

masiva de vapores, se han descrito algunos casos de mareos, ceguera súbita, espasmos musculares y temblor. Si la vía es dérmica como en el caso de los trabajadores que por su actividad tienen que manipular el mercurio directamente (Fungicidas) o que sus labores hacen que se encuentre en contacto directo (producción de Cloro-Alcali, Cloruro y Acetato de Vinilo, Lámparas) es posible, dependiendo de la solubilidad, la concentración y el estado de la piel, que se presenten inflamaciones locales, eczema alérgico de contacto o irritación de la piel y de manera secundaria posibilidad de insuficiencia renal, alteraciones del aparato digestivo y alteraciones neuro-psiquiátricas o anemias.

La intoxicación crónica es la forma más frecuente en el medio laboral, se conoce comúnmente como Mercurialismo o Hidrargirismo. El síntoma más importante de esta situación es el temblor, que suele iniciarse en la lengua, labios, párpados y dedos de las manos; otros síntomas claros son la transpiración abundante, la inestabilidad emocional, la neurosis secretoria estomacal y la neurosis funcional (30).

La exposición ocupacional por Mercurio más frecuentemente reportada ocurre en la minería y en el contexto odontológico, en la producción de cemento, Cloro-Álcali, Cloruro y Acetato de Vinilo, y Acetaldehído; en la producción de lámparas eléctricas, incluido las fluorescentes de alta densidad y en la producción de Pilas, Fungicidas, manómetros, termómetros y en otros tipos de instrumentos de presión, medición y calibración. En relación a este proyecto se han establecido como prioritarios dos escenarios, la Minería y la Odontología sin embargo, se reportan algunas investigaciones en trabajadores de la industria cloro-alkali, entre otros. En estos escenarios se han realizado numerosos estudios en diversos países así como se han determinado niveles máximos de exposición, lo que refleja el interés creciente por determinar las consecuencias de la exposición ocupacional a Mercurio principalmente a nivel cognitivo (atención, coordinación y memoria entre otras) (30).

A nivel odontológico, los niveles ocupacionales de concentración de vapores de Mercurio permisibles en el ambiente fueron establecidos por la Convención Americana de Higienistas Dentales y por el El Instituto Nacional de Salud Ocupacional (NIOSH) siendo el valor umbral límite (VUL) 0,05 mg /m³ de aire por 8hs diarias, en lugares abiertos máximo durante 5 días a la semana. Una atmósfera saturada de vapor de Mercurio contiene aproximadamente 18 mg Hg/m³ de aire, este es un nivel de Mercurio 360 veces superior a la media permisible (0,05 mg /m³ aire) (108).

A nivel Ambiental, los límites los fijan la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA) y la Administración de Drogas y Alimentos de EE. UU (FDA), quienes han establecido un límite para Mercurio en el agua potable de 2 partes de Mercurio inorgánico por billón (ppb) de partes de agua; la EPA recomienda que los niveles de Mercurio inorgánico en ríos, lagos y arroyos no excedan 144 partes de Mercurio por trillón (ppt) de partes de agua (109).

Características de las investigaciones realizadas

Como se mencionó anteriormente, la exposición ocupacional al Mercurio está principalmente enmarcada en las actividades desarrolladas por la industria minera (obtención de oro) y por la industria de la salud, en este caso la odontología.

Investigaciones realizadas en esta área se han efectuado en diferentes lugares del mundo, usando diversos tipos de investigación, poblaciones, vías de exposición, marcadores biológicos o ambientales y efectos evaluados. Algunas de ellas se muestran a continuación:

En Noruega (2005) se realizó un estudio cuyo propósito fue determinar el estado de las funciones neurocomportamentales en trabajadores de la industria cloroalcalina después de suspender la exposición. Para esta investigación se seleccionaron 49 trabajadores con un promedio de 13 años de exposición a vapores de Mercurio y se compararon con 49 controles pareados por edad. La concentración media de Mercurio en orina para los trabajadores expuestos fue de 9,3 nmol/mmol creatinina/año. En el momento del estudio la población había suspendido la exposición ocupacional 4,8 años atrás. Los resultados de este estudio mostraron que las puntuaciones de las baterías neurocomportamentales aplicadas, así como los síntomas referidos fueron similares en los dos grupos, excepto para un test de reconocimiento de símbolos. De acuerdo con estos resultados los autores sugieren que no existen efectos adversos por la exposición a vapor de Mercurio por tiempo prolongado, sin embargo, resaltan la importancia de aplicar el test de reconocimiento de símbolos a todos los trabajadores expuestos con el propósito de establecer sujetos con mayor riesgo de generar alteraciones neurológicas y del comportamiento (110).

En el mismo año, se realizó un estudio en Brasil con odontólogos para determinar el efecto de la exposición a vapores de Mercurio en la salud visual. En esta investigación midieron los umbrales de saturación de tonos, modulación cromática y funciones de contraste con diferente intensidad de luz. Se seleccionaron 15 odontólogos y se aparearon con 13 sujetos sanos no expuestos. Se encontró una disminución en la discriminación de los colores así como una reducción en la sensibilidad de contraste a la luz en los odontólogos frente al grupo control a pesar

de que la concentración de Mercurio en orina fue baja ($1,97 \pm 1,61 \mu\text{g/g}$ de creatinina). Los resultados de este estudio permiten sugerir que la alteración en la discriminación del color y en las funciones de contraste son indicadores sensibles de efectos neurotóxicos sutiles luego de la exposición a Mercurio (111).

Uno de los estudios más recientes sobre el desarrollo de alteraciones en las funciones cognitivas en trabajadores de salud oral expuestos a Mercurio se realizó en Noruega. En este estudio se incluyeron 91 mujeres con exposición ocupacional a Mercurio, se realizaron diversas pruebas neuropsicológicas como: función motora, memoria a corto plazo, memoria visual y verbal a largo plazo, entre otras. Se estudió la posible relación entre el nivel de exposición, el tiempo de exposición ocupacional y la concentración de Mercurio en orina con alguno de los hallazgos neuropsicológicos mencionados a través de regresiones lineales múltiples. En este estudio se controló por factores confusores como la edad, consumo de alcohol e historia previa de trauma craneoencefálico. Se encontró una relación estadísticamente significativa entre los niveles de Mercurio en orina y la alteración de la memoria visual a largo plazo. Los autores de este estudio son enfáticos al afirmar que se presentaron problemas de poder dado el tamaño de la muestra y por tanto es posible que algunas asociaciones biológicamente plausibles no hayan mostrado significancia estadística (112).

Dado que las investigaciones que se han realizado de manera transversal en el contexto ocupacional no han encontrado efectos consistentes con efectos severos en la salud de la población trabajadora, se han conducido algunos estudios de seguimiento con el propósito de reportar los posibles efectos residuales de la exposición ocupacional al Mercurio, principalmente en odontología.

El estudio de seguimiento más prolongado fue realizado en Nueva Zelanda (113). El seguimiento se realizó a 115 asistentes de odontología que estuvieron expuestas 30 años atrás al Mercurio y que realizaron la manipulación del mismo sin guantes y/o sistemas de ventilación. Dado el riesgo para la salud, en esta investigación se indagó por salud general y reproductiva y se aplicó una batería de nueve test neuro-comportamentales. Al comparar a las mujeres del grupo expuesto con población sin antecedentes de exposición se encontraron diferencias significativas en salud reproductiva (específicamente por antecedentes de histerectomía temprana en las mujeres expuestas) así como con síntomas generales, los cuales tuvieron una relación directa con los años de exposición. Los autores concluyen que la ocurrencia de síntomas agudos por exposición a Mercurio puede ser reversible, mientras que algunos efectos residuales pueden irse incrementando, sobre todo con la edad de las mujeres.

En Almadén (España) se realizó un estudio en el que se describieron las metodologías de obtención del mercurio y las concentraciones a las que han estado expuestos los mineros de este distrito. Tras las mediciones realizadas se encontraron valores de hasta 2.26 mg/m³ en el aire, 2194 mg/l en la orina y 374 mg/l en la sangre en actividades relacionadas con la perforación; valores de 3.37 mg/m³ en labores de operación de horno y su limpieza. A nivel productivo y de envase (dentro de botellas de vidrio para su distribución), se encontraron valores dentro de una gama de 1.13-2.43 mg/m³. En cuanto a procedimientos o actuaciones preventivas, se identificó que las condiciones de trabajo eran totalmente inadecuadas; hecho que explica los niveles de mercurio encontrados en la sangre y la orina durante el período de estudio (114).

En el contexto de Sur América, es importante mencionar dos estudios realizados en Venezuela. En el primero de ellos (115) se realizó un diseño transversal con el propósito de establecer los efectos del Mercurio sobre la salud de los odontólogos y los asistentes dentales, su relación con la exposición y posibles afecciones renales. Se incluyeron 66 personas entre odontólogos (59.5%) y asistentes dentales (40.5%) a quienes se les realizaron mediciones de Mercurio en orina y niveles de *N-acetil-β-D-Glucosaminidasa* (NAG-O) como marcador precoz de daño renal. Los niveles de Mercurio y de NAG-O fueron similares entre los odontólogos y los asistentes; no se evidenció alguna relación importante entre la presencia de estos biomarcadores y la preparación de amalgamas o cantidad de horas trabajadas. Dentro de las limitaciones de este estudio, los autores mencionan que no se realizó ningún tipo de prueba neuro-comportamental que pudiera ser predictor de alteraciones en la salud.

Así también, en el Callao (Venezuela), territorio minero por excelencia se buscó medir el contenido de Mercurio total (T-Hg) en muestras de cabello mediante la técnica CVAAS (espectrometría de absorción atómica de vapores fríos), en población que vivía y trabajaba en centros donde se procesaban rocas y minerales para recuperar oro mediante amalgamas. En este estudio se evidenció que la concentración de Mercurio en las muestras de cabello tomadas de los niños que viven en el Callao estuvo entre 4,04 y 12,37 µg/g, con una media de 6,74 µg/g, lo cual resulta en sobre-exposición si se compara con los valores de la OMS (116).

Así también, en Perú, específicamente en los departamentos de Madre de Dios y Puno en la región de la Rinconada se realizó en 2011 un estudio en el que se caracterizaron las emisiones de mercurio en las tiendas de compra de oro. La metodología empleada se basó en entrevistas, inspecciones visuales, encuestas y mediciones ocupacionales (Salida de las chimeneas, dentro de las tiendas, en zonas públicas y en los lugares de trabajo). Se encontraron niveles significativos de mercurio alrededor de las tiendas alcanzando niveles 10 y 20 veces superiores a los

TLV's y en los dormitorios se encontraron concentraciones de 400 a 700 superiores. En cuanto a las observaciones se evidenció que no había un manejo ni una conciencia de riesgo relacionado con el mercurio. Se observaron además rastros de derrames en pisos y aceras, llegando a identificar goteos en techos. En cuanto a recomendaciones se establecieron metodologías y sugerencias para la ubicación y utilización de campanas extractoras, se destacó la importancia de utilizar chimeneas con unas condiciones de altura óptimas para lograr la dispersión y evitar concentraciones en las áreas inmediatas (117).

Por otro lado, en relación con los trabajadores de la industria cloro-alkali y de la industria de lámparas eléctricas existen estudios preferentemente de corte longitudinal retrospectivo o transversal donde se han estudiado efectos similares a los indagados en trabajadores de la industria minera, por tanto las asociaciones y riesgos no han sido estimados de manera precisa.

En Brasil (1993) se llevó a cabo una investigación en trabajadores de una industria productora de lámparas eléctricas con el propósito de estudiar los posibles efectos tóxicos de la exposición a mercurio durante el proceso productivo. En esta investigación se realizaron visitas a la planta de producción para recolectar información en campo de las jornadas de trabajo, las funciones específicas de los trabajadores, la evaluación de los puestos de trabajo y evaluaciones médicas específicas. Se incluyeron 91 trabajadores categorizados en cinco grupos de riesgo de acuerdo a su labor así: carga física, exposición química, exposición fisiológica, exposición psíquica y exposición mecánica. En estos trabajadores se realizaron mediciones clínicas y paraclínicas, evaluación neurológica a partir de test de coordinación, equilibrio y discriminación así como una evaluación psiquiátrica. Los resultados mostraron que 84.6% de los trabajadores presentaban signos y síntomas de intoxicación mercurial crónica y de ellos 98% exhibieron alteraciones neurológicas y 69.3% tuvieron manifestaciones de desórdenes psiquiátricos (118).

Uno de los primeros estudios realizados en los trabajadores de la industria cloro-alkali fue realizado en Georgia (Estados Unidos) en 2001. En esta investigación realizaron un análisis retrospectivo de las consultas médicas, exámenes paraclínicos y estado general de salud en un grupo de trabajadores de una planta de cloro-alkali que estuvo en operaciones entre 1994 y 1995. Se realizó una comparación de estas mediciones con las de trabajadores de industrias cercanas considerados como no expuestos. Los autores reportan mayor proporción de síntomas generales y de consultas médicas en la población expuesta. Así mismo, al analizar algunas pruebas específicas se encontró que el desempeño en pruebas de coordinación y función cognitiva fue menos satisfactorio en dicha población, sin embargo, probablemente dado el diseño del estudio, no fue posible encontrar

asociaciones importantes con el deterioro de la función renal (119).

Un estudio mas reciente realizado en Irán (2012) se llevó a cabo un estudio con trabajadores de una empresa productora de cloro-alkali. El propósito de esta investigación fue evaluar los posibles efectos en salud asociados con la exposición ocupacional de largo curso a bajos niveles de mercurio en trabajadores de una planta de producción. En este estudio participaron 46 sujetos expuestos a vapores de mercurio y 65 controles no expuestos. Se administró un cuestionario de síntomas generales y se realizó una evaluación médica de rutina que incluyó la toma de biomarcadores, así también, se midieron las concentraciones atmosféricas y urinarias de mercurio. La concentración atmosférica reportada fue de $3.97 \pm 6.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la concentración urinaria fue de $10.15 \pm 3.82 \mu\text{g}/\text{g}$. Los síntomas que los trabajadores reportaron con mayor frecuencia fueron fatiga, pérdida de la memoria, visión borrosa y problemas odontológicos, los cuales fueron reportados en mayor proporción por el grupo expuesto. A pesar de que las diferencias en el reporte no son estadísticamente significativas, es posible concluir que estas observaciones indican que la exposición de los trabajadores a vapores de mercurio, incluso en concentraciones bajas se asocia con la ocurrencia de síntomas neurológicos y fisiológicos (120).

Investigaciones en Colombia

En Colombia, y principalmente en los departamentos de Bolívar y Antioquia, se han realizado algunos estudios en materia de la toxicidad del Mercurio en ambientes ocupacionales.

Uno de los primeros estudios realizado en Colombia en el año de 1995, pone de manifiesto la magnitud de la contaminación por Mercurio entre la población del Sur de Bolívar y la incidencia de la misma sobre su salud, relacionada con los vertimientos diarios de residuos mineros a los cuerpos de agua sin ningún tipo de control ni tratamiento. Según los resultados de los análisis de Mercurio en cabello para los grupos de población estudiados (pescadores, mineros y población general), las concentraciones medias son mayores en pescadores que en mineros. En este estudio se evidencia la difusión de la contaminación hacia zonas urbanas relativamente alejadas, que probablemente obedece a que gran parte del pescado que se consume en Cartagena y la costa Atlántica proviene de los cuerpos de agua del Sur de Bolívar (2).

En el año 2000 se condujo un estudio (121) con el propósito de determinar la ocurrencia de alteraciones neuropsicológicas y del comportamiento en mineros del municipio de El Bagre como resultado de la exposición ocupacional a vapores tóxicos de Mercurio. En esta región de Antioquia se ha documentado que hombres,

mujeres y niños se dedican a labores de extracción y purificación de oro, así mismo es necesario considerar que 7,2% de la población Antioqueña reside en esta zona. En este estudio se incluyeron 44 hombres distribuidos en dos grupos: el grupo caso estuvo conformado por 22 trabajadores clínicamente sanos con una exposición ocupacional a Mercurio mayor a 3 años y en el grupo control se incluyeron 22 hombres sanos que no estuvieron expuestos a vapores de Mercurio y que procedían de una región de Antioquia donde no se practica la minería.

Se realizó un apareamiento por edad y escolaridad entre los casos y los controles. Se realizaron evaluaciones neuropsicológicas a través de baterías de evaluación, exámenes clínicos y sintomatología relacionada con la intoxicación por Mercurio. A partir de los resultados de este estudio es posible concluir que en el grupo caso se presentaron alteraciones relacionadas con la capacidad intelectual, estado emocional y cambios neurológicos (insomnio, amnesia) aún en ausencia de sintomatología clínica y física detectable.

En el municipio de Segovia (Antioquia) durante el año 2005 se realizó un estudio con población ocupacionalmente expuesta a Mercurio principalmente por labores de minería. Este estudio se condujo con el propósito de estimar la prevalencia de alteraciones neuro-comportamentales en personas con exposición crónica y su relación con niveles de mercurio en cabello. Se diseñó un estudio de corte transversal en el que a partir de un muestreo por conglomerados se aplicaron baterías de evaluación neuro-comportamentales en la población considerada expuesta y en población general que no realizaba labores de minería o relacionadas con la manipulación de mercurio. En esta investigación se encontró una alta prevalencia (15,2%) de niveles de mercurio en cabello por encima de lo recomendado, pero no fue posible determinar una relación dosis-respuesta con la ocurrencia de alteraciones neuro-comportamentales. (59)

Desde el año 2005 y hasta principios del 2007, *New Stetic S.A.* y la Universidad de Antioquia, se ocuparon de describir las condiciones locativas y ambientales en 30 grandes entidades odontológicas del departamento de Antioquia y caracterizar las actividades relacionadas con el manejo del Mercurio, la amalgama y sus residuos en 107 entidades pequeñas prestadoras de servicios en salud oral. Este proyecto se llamó "Gestión ambiental de la amalgama dental en el departamento de Antioquia". Dentro de los hallazgos más importantes, los autores reportan que todas las entidades analizadas presentaron imperfecciones en el piso (grietas y huecos), lo que representa dificultades en el momento de la higiene y desecho de residuos. También, en seis de las entidades que preparan más de 200 superficies de amalgamas a la semana se evidenciaron gotas de Mercurio derramado (122).

El lugar de almacenamiento del Mercurio en estas entidades fueron gabinetes, las gavetas, y repisas y en ninguna se almacena el Mercurio en nevera. En cuanto a residuos de Mercurio, se observó que 16 entidades no tienen rejillas para atrapar los residuos en las escupideras y la mayoría no cumple su función debido a su mal diseño o deficiente posición. Por otro lado, se identificó que el riesgo de contaminación por Mercurio, puede minimizarse considerablemente mediante diversas prácticas, muchas de las cuales no requieren grandes inversiones, sino que dependen básicamente de la sensibilización y educación de las personas, así como de la cultura, políticas y costumbres que caracterizan a cada entidad odontológica (123).

Manejo de desechos en el ambiente ocupacional

En Colombia a pesar de que existe una normatividad vigente, relacionada con el manejo adecuado de residuos hospitalarios existen dificultades para el cumplimiento en establecimientos odontológicos, es así como en un estudio realizado en el Departamento de Antioquia se encontró que la disposición de los residuos de amalgama recuperados por parte de las entidades odontológicas encuestadas del departamento, en un 37% los entrega a empresas encargadas de la recuperación industrial donde aparte de extraer los metales valiosos presentes en dichos residuos, recuperan el mercurio minimizando considerablemente el daño ambiental. El 20 % (21) de las entidades los entierran, aunque no se conocen los procedimientos que emplean. El 15% (16) de las instituciones los entregan a los proveedores, 13 los entregan a las rutas hospitalarias y ocho al aseo municipal; es de resaltar que en las tres anteriores prácticas se desconoce el destino final. En cinco entidades los residuos permanecen en la institución, algunas veces por periodos de tiempo no recomendados; tres entregan sus residuos a la Cooperativa de Odontólogos de Antioquia y cuyo destino final se desconoce. Por último, una institución tiene la mala práctica de incinerarlos, lo cual genera un fuerte impacto ambiental en el ecosistema (122).

Los estudios muestran una evidencia de la exposición a vapores de mercurio de los profesionales de la salud y las debilidades en el cumplimiento de la normatividad nacional en cuanto a la gestión de residuos hospitalarios cuyos lineamientos se deben aplicar para minimizar los riesgos de la exposición al mercurio producido por la práctica odontológica.

Es de resaltar la estrategia propuesta por un grupo investigador de Antioquia en la cual se diseñó un tratamiento eco-eficiente de los residuos de amalgama dental, como una opción para la disposición final de estos residuos peligrosos, no sólo porque impide la contaminación ambiental a raíz de una mala disposición, sino porque permite recuperar metales que luego pueden ser reintegrados a la cadena

productiva. Los investigadores indican que la recuperación y el reciclaje son la mejor alternativa entre las aceptadas por la normatividad ambiental colombiana (124).

La experiencia en otros países como Pakistán revela la importancia de realizar la gestión de residuos hospitalarios en los cuales se incluya el manejo de los desechos del mercurio utilizado en la práctica de odontología, basados en un estudio en el cual se evaluó el grado de utilización de la amalgama y la puesta en práctica de protocolos de gestión de residuos por dentistas pakistaníes, se encontró que la amalgama fue el material restaurador más utilizado, con la elección dictada por los pacientes con limitaciones financieras. Mientras un 90,4% de los dentistas percibieron la amalgama como un riesgo en salud, solo 46,4% de ellos lo consideraron un daño para el ambiente.

Los autores indican que en el país la amalgama es un restaurador dental utilizado debido a su durabilidad y bajo costo; por lo tanto, la eliminación gradual de o prohibición será difícil, además se recomienda que Pakistán se integre al programa PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) de mercurio y comience con el establecimiento de los protocolos de manejo de desechos de amalgama y reciclaje de mercurio (125).

Adicionalmente, en el Brasil donde se cuenta con la legislación para realizar la gestión de residuos hospitalarios se encontró en la municipalidad de Belo Horizonte en 54 unidades básicas de salud que en 25 (46,3%) de las unidades, los residuos de mercurio eran almacenados en recipientes de vidrio con agua y en 29 (53,7%), en recipientes plásticos con agua, cuando la recomendación es almacenarlos en recipientes de plástico con glicerina. Además ninguna unidad encaminaba los residuos de mercurio para el reciclaje conforme a las recomendaciones del manual vigente (126) .

En general se reporta que los únicos puntos conformes con la legislación en todas las unidades fueron: que las agujas y el mercurio eran segregados; que eran utilizados recipientes de papel resistente con la simbología adecuada para el acondicionamiento de residuos cortantes y perforantes y que la recolección y transporte interno de residuos eran realizados diariamente. En las consideraciones finales los autores indican que la realización de investigaciones que aborden aspectos referentes a la administración de residuos es cada vez más importante como forma de fundamentar la legislación (126).

En conclusión, frente a la problemática ocupacional del Mercurio en la minería, resulta importante la modificación de los procesos de obtención de oro que se

utilizan actualmente en el área de quemadores de amalgamas, ya que utilizan medios rudimentarios y artesanales; procesos que emiten vapor y humos contaminados que son absorbidos directamente por los trabajadores. Lo anterior indica que es necesario establecer normativas más exigentes y establecer la obligatoriedad a las industrias mineras de la utilización de los instrumentos que reduzcan las emisiones ocupacionales en estas áreas, como son las retortas.

En relación con el diseño de las unidades odontológicas se deben determinar a nivel reglamentario, las características y las condiciones locativas, ambientales y ocupacionales óptimas para el desarrollo de la actividad. Estas condiciones deben estar relacionadas como mínimo con el material y las características del piso, paredes y zócalos; cortinas, cuadros, bibliotecas y repisas; identificación y control de las fuentes de calor y derrames; así como el control que se deben tener sobre las condiciones ambientales de ventilación y temperatura; en cuanto a la disposición del Mercurio, lugares acreditados de almacenamiento y desecho.

Es vital y urgente la definición y cumplimiento de directrices que permitan minimizar el riesgo de contaminación por Mercurio del personal laboralmente expuesto, así como su control, seguimiento y determinación. Dado lo anterior, es de gran importancia la realización de campañas de sensibilización y educación relacionadas con el manejo, el almacenamiento, los riesgos y los peligros asociados al Mercurio odontológico. Por otro lado es imperativo la vinculación dentro de los exámenes obligatorios ocupacionales los biomarcadores de Mercurio (sangre, orina y cabello) con periodicidad anual, semestral y en algunos casos trimestral.

5.2. ESTADO DEL ARTE DE LAS INVESTIGACIONES EN COLOMBIA

Al indagar por investigaciones realizadas en Colombia (Anexo N°2), se encuentra que la intención de establecer las concentraciones de mercurio a las que se está expuesta la población y su relación con la salud, ha incrementado, lo cual se evidencia en el número de estudios realizados sobre el tema. Tales investigaciones han sido desarrolladas en gran parte del territorio colombiano, como en la Costa Atlántica (2, 65, 127-130), Antioquia (43, 121, 131-138), Santander (58), Córdoba (139-141), Cundinamarca (142), Guainía (78), Valle del Cauca, Nariño, en algunos ríos específicos (143, 144) y sectores como la Mojana (145, 146). Además, se evidencia que en ciertas regiones del país el número de estudios realizados es significativo debido a la exposición al metal que enfrenta la región, tal es el caso de Antioquía y Bolívar.

En general se han realizado mediciones ambientales y biológicas, con las que se han establecido concentraciones en agua (58), aire (43, 127), peces (140, 141, 145), bovinos (139), atún (128), tortugas (147), mineros (2, 58, 65, 78, 121, 133), pescadores (2), odontólogos (135) y personas en general (121, 131, 142). Adicionalmente, en algunos estudios determinan la prevalencia de algunos efectos en salud (133, 136) y en otros se establece la relación de estos efectos con los niveles de mercurio encontrados (121, 140, 142).

También, se encuentra un gran avance en investigaciones e intervenciones de técnicas de remediación, de las cuales se hará un análisis en el segundo documento. Las investigaciones encontradas son en su mayoría tesis de estudiantes de maestría de toxicología o investigaciones realizadas por universidades, lo cual refleja el escaso presupuesto destinado para este fin por parte del gobierno nacional.

Fortalezas

La gran fortaleza de los estudios realizados en Colombia radica en el recurso humano, ya que se cuenta con personal altamente calificado y con suficiente experiencia en la realización de investigaciones del tema. Esto se manifiesta en la realización de investigaciones en diferentes poblaciones, lugares y con diferentes metodologías, las cuales son usadas con rigurosidad, tal es el caso de las mediciones ambientales y biológicas, capacitación del personal de campo para la creación del marco maestral o toma de información, entre otros.

La evaluación del riesgo por exposición a mercurio en diferentes poblaciones, se centra en personas que están expuestas ocupacionalmente como mineros y familiares, profesionales, estudiantes y auxiliares de odontología, trabajadores de compraventas de oro y pescadores; también en población susceptible biológicamente como escolares residentes de áreas contaminadas y por último población en general. Sin embargo, el mayor número de estudios se enfoca en población minera, dejando de lado población susceptible biológicamente como embarazadas y sus niños.

Adicionalmente, se han determinado concentraciones de mercurio en peces, bovinos, tortugas, atún en lata y cangrejos, las cuales conforman la mayor ruta de exposición de los colombianos por ingestión. En el ambiente, las evaluaciones se han realizado en ríos o en aire de lugares de trabajo como minas, consultorios odontológicos o compra-ventas de oro.

De otro lado, se evidencia el uso de diferentes biomarcadores seleccionados de acuerdo al objetivo deseado, entre ellos sobresalen las mediciones de mercurio en sangre, orina y cabello, con el seguimiento riguroso de metodologías establecidas, además se destaca el uso de los laboratorios del Instituto Nacional de Salud. El biomarcador más común es la orina, adecuado para determinar exposición ocupacional, lo cual coincide con los estudios encontrados con mayor frecuencia. No encontraron estudios en los que se hiciera uso del biomarcador más exacto, sangre de cordón umbilical, debido a que no se han encontrado investigaciones en embarazadas y sus fetos.

Es de resaltar además, que en algunos estudios se ha tenido un especial cuidado en algunas fases de la metodología de recolección de información, generando en algunos casos un marco muestral para la selección de las personas a incluir en el estudio y capacitando al personal encargado de la recolección de información, mejorando de esta forma la validez externa e interna del estudio.

Debilidades

En la revisión es posible establecer que la mayor debilidad de los estudios realizados en Colombia se debe a la selección del tipo de estudio, ya que en la mayoría de ellos se ha escogido un enfoque descriptivo transversal, el cual a pesar de dar indicios de la problemática del lugar, su fácil aplicación y costo, tiene poca capacidad inferencial. Dado lo anterior se recomienda estudios con direccionalidad tales como casos y controles o cohortes.

De otro lado, se sugiere la realización de estudios en población susceptible biológicamente y la evaluación de los efectos reales que tiene la población en general a la exposición al mercurio por diferentes rutas como el consumo de pescado, uso de objetos que contienen mercurio, cercanía a industrias o vapores inhalados por el uso del mercurio en la minería, teniendo en cuenta que el mercurio viaja a grandes distancias de su fuente.

Las debilidades metodológicas se evidencian en diferentes aspectos tales como:

El uso de instrumentos no validados para determinar los efectos en salud. Se encuentra una proporción grande de estudios que generan nuevos instrumentos, los cuales tienen problemas en el lenguaje usado, haciendo difícil el entendimiento para los participantes, o el olvido de inclusión de algunas variables importantes en la población colombiana y posiblemente confusoras, tales como es el consumo de pescado, estableciendo la especie, cantidad, frecuencia de pescado consumido, la

no inclusión de estas variables posiblemente se debe a que se centran en la exposición ocupacional (minas y odontología).

En muchos de los casos el muestreo usado no es el adecuado o no ha sido calculado correctamente, además la metodología de selección de los participantes no se menciona o no corresponde al muestreo, tipo de estudio usado o análisis que se pretende hacer.

Respecto al procesamiento estadístico, se encuentra que el análisis en la mayoría de ellos es descriptivo, son pocos los estudios que hacen uso de métodos estadísticos como las pruebas de comparación, correlaciones o razones de prevalencia, métodos que pueden ser usados en estudios de prevalencia.

Por último, se evidencia que se incurre con frecuencia en sesgos de voluntario y de memoria, que a pesar de no invalidar la investigación, se hace necesario que sean reconocidos y asumidos por el autor en la discusión de la investigación.

5.3. MARCO LEGAL

La legislación ofrece un impulso y un marco para una gestión del Mercurio y sus compuestos, puede adoptar forma de tratados o convenios internacionales, leyes, decretos, resoluciones, reglamentos, reglas, criterios, normas y otras formas similares escritas de la política nacional y de las exigencias de comportamiento.

La legislación nacional consta de una o más leyes generales o marco que se aplican por medio de reglamentos concretos. En Colombia no hay una sola ley para los productos químicos, incluyendo el Mercurio. Los distintos ministerios afectados participan para elaborar, aplicar e imponer la legislación sobre estos.

Los objetivos generales de las iniciativas vigentes sobre el mercurio son reducir o prevenir la liberación de mercurio en el medio ambiente y evitar sus efectos directos o indirectos en la salud humana y en el medio ambiente. En términos generales, las iniciativas pueden agruparse de la siguiente manera:

- Normas de calidad ambiental que fijan la concentración máxima aceptable de mercurio para diferentes medios, como agua potable, aguas superficiales, aire y suelo, así como para alimentos como el pescado
- Acciones y normativas relacionadas con fuentes ambientales para controlar las liberaciones de mercurio en el medio ambiente, como las restricciones a las emisiones de fuentes puntuales en aire y agua, el fomento de las mejores

tecnologías disponibles, tratamiento de desechos, y restricciones a su eliminación

- Acciones y normativas de control de productos para productos con mercurio, como baterías, cosméticos, amalgamas dentales, lámparas, pinturas/pigmentos, plaguicidas, productos farmacéuticos, etc.
- Otras normas, acciones y programas, como los reglamentos sobre exposición al mercurio en el lugar de trabajo, requisitos de información y notificación sobre uso y liberaciones de mercurio en la industria, recomendaciones para el consumo de pescado, y medidas de seguridad para el consumidor.

Como puede verse en el Anexo I, en el país se ha elaborado una legislación que se ha puesto en marcha con diversas medidas y reglamentos que cubren aspectos diversos del mercurio. En dicho anexo se presentan las normas de acuerdo al componente de salud pública, salud ambiental y salud ocupacional.

5.4. INVENTARIO DE LAS FUENTES DE LIBERACIÓN DE MERCURIO EN COLOMBIA.

5.4.1. Perfil nacional de sustancias químicas en Colombia 2010

Desde 2007 y a través del Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos Colombia¹ está recopilando información de forma homogénea y sistematizada sobre cantidades generadas y gestionadas de los diferentes residuos que por sus características reactivas, corrosivas, explosivas, inflamables, infecciosas, radiactivas o tóxicas afectan la salud del hombre o del medio ambiente y se consideran peligrosos.

El perfil nacional de sustancia Químicas en Colombia 2010 clasifica por procesos o actividades de acuerdo con el Anexo I del Decreto 4741 de 2005, emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y por corrientes de residuos, de acuerdo con la lista A2 del Anexo II del mismo Decreto; a su vez esta clasificación corresponde a la establecida en el listado de residuos, Anexo VIII del Convenio de Basilea. Con base en la información reportada a través del Registro de Generadores de

¹ Decreto No. 4741 del 30 de Diciembre de 2005 y la Resolución No. 1362 del 2 de Agosto de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Residuos o Desechos Peligrosos los establecimientos generadores de este tipo de residuos reportaron en el nivel nacional un total de 143.749,2 toneladas para 2010.

Los tipos de residuos peligrosos con mayor generación asociados a las 143.749,2 toneladas son los siguientes: mezclas y emulsiones de aceite y agua o hidrocarburos y agua (28,2%); residuos clínicos y afines (19,0%); aceites minerales no aptos para el uso al que estaban destinados (12,5%); desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales (5,2%); desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes: Antimonio, Arsénico, Berilio, Cadmio, Plomo, Mercurio, Selenio, Telurio, Talio (4,8%); y líquidos de desechos del decapaje de metales (3,8%).

De otro lado, los establecimientos generadores de residuos o desechos peligrosos reportaron para el período de balance 2010 un total de 236.219,5 toneladas gestionadas de residuos peligrosos, de las cuales 51.540,1 toneladas fueron aprovechadas o valorizadas, 155.173,4 toneladas fueron tratadas y 29.506,0 toneladas fueron llevadas a disposición final. Cabe resaltar que estas cantidades fueron las gestionadas durante 2010 pero no necesariamente fueron generadas el mismo año.

La generación de residuos de mercurio se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Generación y gestión de residuos peligrosos con mercurio 2010

| Corriente de Residuo o Desecho Peligroso | Total Generado | Aprovechamiento | Tratamiento | Disposición Final |
|---|----------------|-----------------|-------------|-------------------|
| Y29 - Desechos que tengan como constituyentes: Mercurio, compuestos de mercurio. | 150,3 | 11,5 | 38,6 | 81,9 |
| A1010 - Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes: Antimonio, Arsénico, Berilio, Cadmio, Plomo, Mercurio, Selenio, Telurio, Talio, pero excluidos los desechos que figuran específicamente en la lista B. | 6.966,3 | 3.185,2 | 7.335,3 | 76,7 |
| A1030 - Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes: - Arsénico - compuestos de arsénico, Mercurio - compuestos de mercurio, Talio - compuestos de talio. | 6,8 | 1,4 | 3,1 | 2,8 |

| | | | | |
|--|-------|-------|------|-------|
| A1180 - Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de éstos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del Anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del Anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B1110) . | 358,4 | 139,1 | 77,8 | 147,4 |
|--|-------|-------|------|-------|

Adaptado de Perfil nacional de sustancia Químicas en Colombia

Colombia no es productor de Mercurio, lo importa para emplearlo en diferentes campos de la producción; el consumo de los últimos años acorde con los datos de importación reportados por el Banco de Datos de Comercio Exterior (BACEX) son los siguientes:

Tabla 9. Consumo de mercurio de acuerdo con el año

| Año | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|------------------|------|------|------|-------|------|
| Toneladas | 61,5 | 71,4 | 79,0 | 130,4 | 53,9 |

Fuente: BACEX

De las 71,4 toneladas de Mercurio importadas en 2007, (este consumo corresponde únicamente a la actividad legal del sector minero y a la industria manufacturera) 1,28 toneladas fueron empleadas en el sector manufacturero, según lo reporta el DANE, es decir que más del 98% del peso total importado se va a otras actividades como la minería; además, en este dato de importación no se contempla el Mercurio que entra con los bombillo fluorescentes, las pilas botón, los termómetros y otros bienes que ingresan al país por otras partidas arancelarias. Obviamente, tampoco se tiene un dato preciso de lo que entra como contrabando de esta sustancia.

El modelo de priorización de sustancias químicas desarrollado como complemento a los lineamientos de la guía de UNITAR para la elaboración el perfil nacional de sustancia químicas en Colombia 2010, permitió de forma sencilla realizar priorizaciones de sustancias químicas enfocando el análisis sobre cinco variables utilizadas: a) características de peligrosidad, b) cantidad consumida, c) número de regiones donde se consumen, d) número de clases industriales o cultivos en los que se consumen y e) número de eventos de emergencia y contingencia en los

que está involucrada la sustancia química. Como resultado de este proceso se encontró lo siguiente para el Mercurio:

Tabla 10. Resultados de la priorización para el Mercurio

| Variable de priorización | Puntaje para el mercurio+ |
|--|--|
| Características de peligrosidad | 5 puntos (toxicidad y peligro al ambiente) |
| Consumo | 1 punto (menos de 100 toneladas) |
| Número de regiones | 8 puntos (18 áreas) |
| Número de clases industriales CIIU | 1 punto (menos de 30 actividades CIIU) |
| Número de eventos de emergencia y contingencia | 5 puntos (39 eventos)* |
| Puntaje Total de Priorización | 4,05 (ponderado de las 5 Variables) |
| <i>+ El puntaje máximo son 10 puntos, el puntaje mínimo es 1 punto. * En cuanto al Grupo 2, es la sustancia inorgánica con la que ocurren más eventos de emergencia, por encima aún de bases y ácidos.</i> | |

Tomado de: Perfil nacional de sustancia Químicas en Colombia

El consumo oficial de mercurio no es muy alto pero aun así fue clasificada como una sustancia química prioritaria como resultado de la aplicación del modelo matemático de las cinco variables; además, del grupo de las sustancias inorgánicas es la involucrada en el mayor número de casos de emergencia y contingencia. Esta priorización resalta la realidad de Colombia frente al Mercurio, mostrándola como relevante e importante debido a su alta toxicidad, a su movilidad en varias esferas ambientales y al alto grado de bio-acumulación en tejidos animales.

El desarrollo de los inventarios de sustancias químicas consumidas, importadas, producidas y exportadas, deja de manifiesto que existen vacíos en la información existente en las fuentes de datos oficiales del país; por ejemplo, hay muy poca información consolidada y confiable sobre las sustancias químicas empleadas en el sector minero, especialmente en las etapas de extracción y beneficio; se tiene información completa para las etapas de producción, importación, exportación y uso de las sustancias químicas en Colombia de cuatro años atrás (2007), debido a que la EAN del DANE solo ha consolidado la información hasta ese año; no existe información sobre almacenamiento de sustancias químicas; la base de datos BACEX utiliza muchas unidades de medida para una misma sustancia importada o exportada (frascos, libras, unidades, bultos etc.) lo cual no permite sumar o consolidar los datos de una sustancia especiada; esta situación fue crítica en las sustancias químicas utilizadas en el sector minero.

5.4.2. Informe de cuantificación de liberaciones antropogénicas de mercurio en Colombia²

A continuación se presenta la información consignada en el informe preliminar sobre la “Cuantificación de liberaciones antropogénicas de Mercurio en Colombia” realizado por la universidad de Antioquia en Diciembre de 2010 (148), basado en recolección de información secundaria utilizando el instrumental propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, versión marzo 2010 nivel 1.

Este informe contiene la cuantificación de liberaciones de mercurio generadas en los diferentes sectores productivos y de servicios en el año 2009. Según este informe la mayor fuente emisora de mercurio en el país corresponde a la categoría “Producción primaria de metales”,(194,97 Ton/año,) “Productos químicos” que contempla: producción de cloro álcali y monómeros de cloruro de vinilo (PVC), (97,60 Ton/año); disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales (57,81 Ton/año); uso y disposición de productos con contenido de mercurio que corresponde a actividades comerciales que involucran importación de los productos (termómetros, interruptores eléctricos, fuentes de luz, Pilas) con 44,305 Ton/año.

En cuanto a las liberaciones de mercurio en el ambiente se observa que la matriz más afectada es el suelo, que recibe 151,65 t/año equivalente al 43,9% del total de las liberaciones, seguido por el aire con 74,42 t/año (21,5%); los tratamientos de desechos de sectores específicos con 45,40 t/año (13,1%); el agua con 31,26 t/año (9,0%); los subproductos e impurezas con 28,19 t/año (8,2%) y los desechos en general con 14,65 t/año (4,2%).

Las categorías que liberan menos de 10 Ton/año son: producción de combustibles/fuentes de energía, producción de otros materiales, incineración de residuos, crematorios y cementerios y producción de metales reciclados. Sin embargo, no se debe sub-estimar estos valores por la toxicidad de este metal, su bioacumulación, biomagnificación, y por tanto el efecto adverso sobre el ambiente y la salud.

Las tablas que se presentan a continuación indican las liberaciones para la categoría “Producción primaria” (virgen) de metales.

² Adaptado de Cuantificación de liberaciones antropogénicas de Mercurio en Colombia. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial – Universidad de Antioquia, diciembre de 2010.

Tabla 11. Liberaciones de mercurio estimado por categoría

| Categorías | Entrada de Hg estimada, Kg Hg/año | Liberaciones estimadas de Hg , Kg Hg/año | | | | | |
|--|-----------------------------------|--|---------------|----------------|--------------------------|--------------------|---|
| | | Aire | Agua | Suelo | Subproductos e impurezas | Residuos generales | Tratamiento/ disposición residuos específico por sector |
| Producción primaria de metales | 194.974 | 49.475,74 | 17.291,20 | 123.384,00 | 4822,4 | 0 | 0,7 |
| Producción de químicos | 97.597 | 11.117,09 | 1.951,95 | 19.348,63 | 21.896,54 | 0 | 43.283,23 |
| Deposición de desechos/relleno sanitario y tratamiento de aguas residuales | 7.990 | 918,77 | 3.293,83 | 3.312,11 | 0 | 319,42 | 0 |
| Uso y disposición de productos con contenido de mercurio | 44.305 | 8048,75 | 11027,41 | 8543,5 | 242,88 | 12855,37 | 2059,98 |
| Producción de combustibles | 3.519 | 324,52 | 571,79 | 0 | 301,71 | 456,2 | 0,00 |
| Otros materiales de producción | 4.648 | 2.801,10 | 0 | 0 | 923,56 | 923,56 | 0 |
| Incineración de desechos | 536 | 485,21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51,28 |
| Crematorios y cementerios | 463 | 82,5 | 0 | 377,5 | 0 | 0 | 0 |
| Producción de reciclado de metales | 0,31 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0 |
| Producción de Productos con contenido de Mercurio | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Consumo de energía | 1.267 | 1.169 | 0 | 0 | 0 | 98,42 | 0 |
| Total | 355.300 | 74.423 | 34.136 | 154.966 | 28.187 | 14.653 | 45.395 |

Al revisar la tabla 11 de distribución de liberaciones a los diferentes medios se observa que el medio más impactado es el aire, seguido del suelo y del agua. Estas liberaciones proceden en un alto porcentaje de la extracción primaria de metales, principalmente de oro.

Para desarrollar la matriz de cuantificación propuesta por el PNUMA para la categoría extracción primaria de metales se considero principalmente los procesos de minería de oro cobre, níquel y hierro, en que se incorpora cantidades de

mercurio para la amalgamación del oro, se evalúa parcialmente los procesos de producción de metales reciclados por medio de chatarrización de vehículos para la producción de acero y el reciclaje de materiales como hierro, acero, cobre y aluminio, además lo referente a la minería de oro sin utilización de Mercurio. El estudio plantea la realización de ensayos de laboratorio para determinar la presencia de Mercurio en este tipo de materiales, pero aclara que son puntuales y no se pueden generalizar

En la tabla 12 se muestran los cálculos de las liberaciones de mercurio para cada una de las subcategorías. El factor de entrada para la subcategoría de producción de cobre se obtiene a partir de mena mineral, resultado de análisis químicos de empresas del sector, al igual que la de producción de níquel. Para el caso de la subcategoría extracción de oro mediante procesos distintos a la amalgamación el factor de entrada es el resultado de análisis realizados a muestras de mena durante la elaboración de este proyecto. El factor de entrada para la subcategoría extracción de oro mediante amalgamación con mercurio es el resultado de un promedio de valores encontrados en diferentes estudios realizados por Corporaciones Autónomas (149, 150) y tesis o trabajos de universidades públicas (151-153) secretarías de minas y organismos internacionales.

Las principales áreas de liberación de mercurio en el país se encuentran localizadas en las zonas donde se presenta la pequeña y mediana minería de oro, principalmente en el Bajo Cauca y nordeste de Antioquia (Remedios, Segovia, Bagre, Zaragoza, Cáceres, Caucasia), Condoto, Istmina y Lloró en el Departamento del Chocó, sur de Bolívar (San Pablo, San Martín de Loba), sur de Córdoba (Monte Líbano, Ayapel) y en menor proporción en las zonas de Vetas y California en Santander, el Tambo y Suarez en el departamento del Cauca, en la zona del occidente de Nariño (distrito la Llanada, Guachavez, Sotomayor, Samaniego, Barbacoas), en Ginebra, Zaragoza en el Valle del Cauca, Vaupes (Taraira) y Guainia

Tabla 12. Liberaciones de Mercurio por subcategorías

| Categoría: Extracción primaria de metales | Tasa de Actividad anual | Factor de entrada de Hg g/Ton | Entrada estimada de Hg (Kg/año) | Liberaciones estimadas de Hg (Kg Hg/año) | | | | | |
|---|---|-------------------------------|---------------------------------|--|---------|---------|---------------------------|--------------------|---|
| | | | | Aire | Agua | Suelo | Sub productos e impurezas | Residuos generales | Tratamiento/ disposición residuos específico por sector |
| Extracción de oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio | 2.192.000,00 Ton de mena de oro usado/año | 0,155 | 120.560 | 4822,40 | 2411,20 | 108.504 | 4822 | 0,0 | 0,0 |
| Producción Primaria de metales ferrosos (hierro, acero) | 280.772 Ton de hierro producido/año | 0,00005 | 14.04 | 13,34 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,70 |
| Extracción de oro mediante amalgamación con mercurio sin uso de retortas | 37,2 Ton de oro producido/año | 2 | 74,40 | 44,640 | 14,880 | 14,640 | 0 | 0,0 | 0 |

Los grandes centros urbanos: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga, albergan casi la totalidad de la industria nacional por tanto son centros de grandes liberaciones de mercurio, debido al uso extensivo de combustibles, materias primas con trazas de mercurio y carencia de normatividad que les exija control de las emisiones de mercurio. De igual forma estas ciudades alojan la mayor parte de la población nacional por lo que se generan grandes volúmenes de residuos domésticos e industriales con contenido de mercurio procedentes de lámparas, pilas, termómetros y desechos industriales. Las mayores liberaciones se dan en la disposición final y tratamiento de todos estos residuos.

Dentro del estudio se hace referencia a los denominados puntos calientes , que son zonas del país que constituyen puntos focales de contaminación por mercurio debido a que en ellas se encuentran vertederos informales de residuos clausurados como son botaderos a cielo abierto, sitios de enterramiento; rellenos sanitarios clausurados; botaderos de colas y escorias minerales y explotaciones ilegales de oro.

Dentro de estas zonas de riesgo se encuentran las áreas de inundación y sedimentación ubicadas en el sur de Bolívar, especialmente en la Mojana y en la Depresión Momposina; el Golfo de Urabá, en la desembocadura del Río Atrato y en los alrededores de las desembocaduras de los ríos Patía, San Juan (costa pacífica) y Magdalena (costa atlántica); las zonas cercanas a la antigua planta de Cloro álcali en el sector Mamonal de Cartagena, especialmente un área de 130 hectáreas, en las cuales se almacenaban los lodos resultantes de los procesos.

Aunque la primera piscina de almacenamiento se cerró en 1986 y la segunda en 1993, los monitoreos realizados en el año 2004, en los cuatro puntos extremos del área, reportaron valores promedio de 1,0012 mg Hg/Kg en los lodos y de 0,0042 mg Hg/Kg en batracios.

En inmediaciones de la Calera (Cundinamarca), se encuentra una planta de cemento clausurada llamada la Siberia, esta funcionó desde 1933 hasta 1998 y tuvo una producción de 150 Ton/día. Se considera un punto caliente por la acumulación de residuos procedentes de materias primas como caliza y yeso, en las cuales podrían existir cantidades traza de mercurio que pueden ser liberadas a la atmosfera. Sin embargo, se pretende realizar un monitoreo para confirmar la presencia de mercurio en esta planta.

En el Corregimiento de Samaria, al norte del Departamento de Caldas, sobre la margen derecha del Río Cauca, se explotó hasta el año 1977 una Mina de mercurio llamada la "Nueva Esperanza", cuando se ordenó su cierre ante los graves problemas de salud detectados en los trabajadores que explotaban el yacimiento. Para el caso del Corregimiento de Samaria, es probable que se presenten yacimientos desconocidos de mercurio, teniendo en cuenta su cercanía a los yacimientos de "La Nueva Esperanza" ubicados en el Municipio de Aranzazu, Departamento de Caldas. Por ello, se podría estar liberando mercurio metálico al ambiente y a las aguas de consumo humano. Ante esta situación la Universidad de Caldas ha realizado algunos estudios que permiten identificar la situación de salud de los habitantes de la zona [84].

Las principales limitaciones del inventario se debe a la ausencia de estudios donde se puedan extraer los factores de entrada y de distribución de las liberaciones de mercurio para la mayoría de las categorías involucradas .

Algunos vacíos en la información se deben a que muchas de las industrias y empresas de servicios no suministraron información referente a la tasa de actividad o aducen no conocer el contenido de trazas de mercurio en las materias primas que utilizan, por tanto no hacen análisis químicos para monitorearlo durante los procesos.

Adicionalmente, la legislación colombiana tiene vacíos para reglamentar el monitoreo del mercurio en las fuentes de agua, aire y suelo de la industria, por el desconocimiento de los procesos, y las materias primas (sustancias y compuestos con contenido de mercurio) que éstas utilizan. Un aspecto fundamental sobre la metodología es que solo incluyo información secundaria, con mínimo trabajo de campo por lo que los datos obtenidos no son concluyentes ni se pueden generalizar para el país.

5.5. PLANES Y PROGRAMAS DE INTERVENCIÓN

Debido a los efectos toxicológicos en la salud humana y del medio ambiente, expuestos anteriormente, se han generado diferentes estrategias, convenios, planes, programas y políticas para el uso adecuado o eliminación del Mercurio. Estos se muestran a continuación.

5.5.1. Planes y programas en el contexto internacional

Se conoce que las emisiones anteriores de Mercurio en el planeta se han ido acumulando, conformando un background o contaminación de fondo, la cual se moviliza y deposita en nuevos lugares. A esta contaminación se suma las nuevas emisiones que contribuyen con la contaminación de las diferentes matrices y personas (5). Una evaluación realizada por el PNUMA en el 2000 determinó que las intervenciones para controlar la contaminación por Mercurio pueden ser efectivas, sin embargo se requiere el trabajo conjunto de todos los países, dado que la contaminación por Mercurio afecta a todo el planeta y no sirven o no son suficientes las medidas locales.

El Consejo de Administración del PNUMA se reunió bianualmente con el propósito de realizar una evaluación mundial del Mercurio que sirviera de línea de base para determinar medidas a nivel internacional. En el 2003 fue respaldado por organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, intergubernamentales y de integración económica regional relevantes a nivel internacional. De estas reuniones surge el *comité intergubernamental de negociación para el uso del Mercurio en el mundo*, el cual se encargó de generar, debatir y presentar los términos de un convenio mundial jurídicamente vinculante para controlar el Mercurio, también llamado decisión 25/5 (13).

Tal convenio pretende la adopción de medidas para mejorar la capacidad de almacenamiento, reducir la oferta, uso en productos y procesos, desarrollar inventarios nacionales, ejecutar acciones de sensibilización en técnicas de remediación, reducción del uso, gestión adecuada y riesgos asociados a la exposición a Mercurio, asistencia técnica y financiera, estrategias de cumplimiento, disposición de desechos, entre otros (154).

Cada uno de estos aspectos fueron tratados en la reuniones (154), en donde los miembros del comité pudieron opinar, pero debido a la pluralidad de los conceptos, se hizo necesario realizar una revisión de diferentes aspectos, tales como: conceptos, procedimientos y mecanismos de cumplimiento de algunos convenios ambientales multilaterales jurídicamente vinculantes, los cuales eran

pertinentes para lograr el cumplimiento en el marco del futuro instrumento sobre el Mercurio (155). Los estudios que se tuvieron en cuenta en esta revisión fueron: *Compliance Mechanisms under Selected Multilateral Environmental Agreements*, realizado en 2007 y acuerdos ambientales adoptados por el PNUMA.

Considerando los resultados de los trabajos del PNUMA, en los que se concluye que existe suficiente evidencia para determinar efectos adversos del mercurio en la salud de las poblaciones, el consejo de administración de dicho organismo propone la puesta en marcha de medidas mundiales, nacionales y regionales para la identificación de las poblaciones más vulnerables y la reducción de las emisiones de mercurio derivadas de las actividades humanas. La OMS propuso un esquema de trabajo a partir de estrategias de corto, mediano y largo plazo (ver estrategia Hospitales Verdes).

Posteriormente, en el 2011, en el segundo periodo de sesiones, se publica un análisis de costo-beneficio de alternativas existentes de uso de Mercurio para productos, procesos y tecnologías (156). Con este objetivo se revisaron estudios realizados en Canadá, Noruega y Estados Unidos.

En Canadá, se realiza una comparación de la actualidad con un escenario en el que se plantea la aplicación de las normativas para el control de productos que contienen sustancias tóxicas. Se determina que estas normativas podrían otorgar beneficios para el medio ambiente y efectos en salud, no generarían costos excesivos a fabricantes, pero podrían incrementar el costo de los productos, perjudicando de esta forma al consumidor, aunque para la mayoría de los productos que contienen Mercurio existen alternativas sin Mercurio de precios similares.

El estudio realizado en Noruega no pudo cuantificar con certeza los impactos de los beneficios y los costos, ya que en ese momento se habían introducido leyes voluntarias y reglamentarias que no fueron evaluadas. Se supuso que una prohibición general del Mercurio en los productos tendría un impacto limitado en las empresas noruegas, por lo tanto, la prohibición no tendría un efecto significativo en el empleo. Se calculó que los costos administrativos relacionados con la puesta en marcha de la prohibición serían bajos.

En Estados Unidos se hizo un listado de todos los productos que contienen Mercurio en el país, para cada uno de ellos se determinó con que puede ser remplazado y cuáles son las ventajas y desventajas de ello en términos de costo, función y mecanismos de función, precisión, durabilidad, confiabilidad, entre otras. En esta evaluación se observa que lo más frecuente es que no hay desventaja o

no ha sido identificada y en pocos casos se refiere al costo del producto de remplazo.

En la cuarta reunión del comité intergubernamental de negociación de Mercurio, realizada entre junio y julio de 2012 en Uruguay, los delegados lograron un consenso en almacenaje, residuos, territorios contaminados y reportes e información. Pese a lo anterior, queda pendiente establecer consenso en términos de financiación y mecanismos de control. Se espera que el convenio sea firmado en el 2013 en la reunión del Comité que se realizará en Minamata Japón.

De otro lado, en el viejo continente, la Comisión de las Comunidades Europeas presenta en 2005 una estrategia para proteger la salud humana y del medio ambiente debida a la contaminación por Mercurio. Esta estrategia llamada "Estrategia comunitaria sobre el Mercurio" menciona que aunque en algunos lugares se han aplicado medidas para la reducción de emisiones y uso de Mercurio, lo recomendable es la aplicación plena de estas en todo el mundo (5).

La estrategia se planteó en función de seis objetivos y veinte medidas, con compromisos a corto (hasta tres años) y mediano plazo (de cuatro a seis años), la cual sería evaluada en 2010. Los objetivos y medidas planteadas se resumen a continuación:

- i) Reducir las emisiones de Mercurio: Conociendo que entre 1990 y 2000 hubo un incremento del 20% en las emisiones de Mercurio en el mundo, se tomaron cuatro medidas: a) evaluación de directrices existentes y estimación de efectividad de nuevas medidas, tal como la fijación de valores límite de emisión de rango comunitario; b) exhortación a Estados e industrias que proporcionen información sobre emisiones y técnicas de prevención y control; c) realización de estudios para determinar estrategias para la reducción de emisiones de Mercurio en pequeñas instalaciones de combustión de carbón y d) verificación de la aplicación de normas para la gestión de residuos de amalgamas dentales.
- ii) Reducir la circulación (oferta y demanda): La Unión Europea es el principal exportador de Mercurio, con 1.000 toneladas netas de las 3.600 ofertadas mundialmente, adicionalmente, más del 75% de la demanda de Mercurio del mundo es para la extracción del oro, pilas y la industria cloroalcalina. Se plantean las siguientes medidas: a) reducir paulatinamente la producción y exportación e impedir que los excedentes de Mercurio se reintroduzcan en el mercado; b) examinar el uso de Mercurio en amalgamas dentales y evaluar los riesgos sanitarios y medio ambientales; c) modificar las normas para la restricción en la comercialización de aparatos de medición y control con

Mercurio y d) evaluación de productos y técnicas que usan Mercurio y posteriormente buscar sustitutos para ellos.

- iii) Resolver problema de excedentes y depósitos: En el momento que desciendan las exportaciones de Mercurio, las reservas deberán ser almacenadas o eliminadas, de donde se propone: a) adoptar medidas para fomentar el almacenamiento del Mercurio y b) evaluar el destino del Mercurio presente en los productos que están en circulación.
- iv) Proteger de la exposición a Mercurio: La exposición a Mercurio en la población europea es principalmente por consumo de pescado, de ahí que se propongan las siguientes medidas: a) investigar los niveles de ingesta admisible para peces y mariscos de acuerdo con el tipo de población; b) generar datos de Mercurio presente en alimentos y dar recomendaciones de acuerdo con las características de la población.
- v) Mejorar la comprensión del problema y soluciones: Proyectos de investigación y desarrollo en temas relacionados con efectos en salud, diseminación o acumulación del Mercurio en el medio ambiente, sensibilidad de los ecosistemas y toxicidad, son necesarios para disminuir las lagunas de conocimiento. La medida propuesta para ello es la determinación de prioridades de investigación y mecanismos de financiamiento.
- vi) Fomentar iniciativas internacionales relacionadas con el Mercurio: Lo expuesto anteriormente se puede cumplir si es tratado a nivel mundial, por lo que se propone: a) participar activamente en foros y actividades internacionales y realizar proyectos con otros países en materia de transferencia de tecnología; b) estimar la creación de una metodología para la financiación de proyectos que fomenten el uso limpio y eficaz de combustibles sólidos; c) incentivar la inclusión del Mercurio en el convenio Rotterdam; d) apoyar los estudios que se encuentran funcionando correctamente, tales como el protocolo de metales pesados del convenio CEPE; e) apoyar y aportar la evaluación del PNUMA; f) apoyar proyectos y países que usan Mercurio para la extracción de oro y por último g) acelerar la reducción paulatina de oferta de Mercurio e incentivar a otros países para que hagan lo mismo.

Posteriormente y según lo planteado, la Comisión Europea en 2010 publica la revisión de la estrategia comunitaria sobre el Mercurio (157). En ésta se evidencia un gran avance en la aplicación de la estrategia.

De acuerdo con la reducción de emisiones de Mercurio se conoce que existen nuevas normas para la reducción de grandes fuentes puntuales. La aplicación de estas y nuevas tecnologías permitirá la reducción de emisiones, sin embargo se necesita una meta ambiciosa la cual será seguida por la comisión.

Se están desarrollando restricciones más estrictas para la disminución de la oferta y demanda en términos de comercialización de instrumentos de medición con Mercurio. Recomiendan seguir estudiando la amalgama dental considerando el ciclo de vida del Mercurio.

Según los excedentes y depósito de Mercurio, en el momento de la publicación se estaban desarrollando estudios para determinar los métodos seguros para la eliminación de Mercurio metálico y la determinación de productos que se encuentran en circulación.

Se desarrolló una nueva base de datos sobre el consumo de alimentos con el propósito de calcular la exposición debida a alimentos. No se habían realizado evaluaciones con estos datos hasta el 2010. A pesar de ello, se emitió una nota informativa de la Comisión sobre el consumo de alimentos. Posteriormente, se adoptó una nueva lista de valores de referencia para exposición profesional.

Por último se han financiado investigaciones concernientes con el tema y se reconoce que la Unión Europea por si sola no puede controlar el problema, lo que hace necesario la inclusión al convenio jurídicamente vinculante del PNUMA.

Además de estos proyectos, en el mundo se han aplicado diversas estrategias que han tenido diferentes alcances y resultados. Estas se realizan por continente o país, entre los que se encuentran: Canadá, Indonesia, Mali, Tanzania, Nigeria, Filipinas, Senegal, Liberia, Ghana, Mongolia, Surinam, Zambia, Guayanas, Perú, Chile, Brasil, Ecuador, Bolivia y Colombia.

Un de las estrategias más reconocidas es el *Proyecto Global de Mercurio*, dirigido por las Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) desde 2002. Éste, avanza actualmente en proyectos piloto en Latinoamérica, específicamente en Colombia, Ecuador, Venezuela y Perú. Los objetivos del proyecto corresponde a la reducción de la contaminación de las aguas debidas al uso de Mercurio, introducción de tecnologías más limpias para la extracción, desarrollo de mecanismos productivos y programas para el control y seguimiento ambiental y sanitario, crear o aumentar la capacidad de los laboratorios que evalúen el impacto de la contaminación por Mercurio.

Aparte de este, se desarrollan estrategias con el propósito de generar conocimiento, realizar investigaciones o prestar asistencia. Algunas de ellas son:

- Investigaciones para determinar la cantidad de Mercurio usado en minas de oro (Liberia), sistemas de manejo residual y posible reciclaje (Liberia), entre otras.
- Asistencia para la medición y reducción de Mercurio usado en minería de oro (Ghana).
- Generación de conocimiento: Estrategia de una plataforma en internet basada en los conocimientos para los mineros artesanales desde el 2005 a la actualidad, la cual buscaba que los mineros artesanales se empoderen del problema mediante el conocimiento (<http://geco.mineroartesanal.com>) (Perú), o la capacitación realizada a los proveedores de Mercurio sobre los efectos causados a la salud de las personas de la región y posterior capacitación a los mineros para el remplazo del Mercurio en la extracción de oro por Bórax (Filipinas), entre otras.

En América Latina

Brasil cuenta con un Plan de Acción Regional para la Prevención y el control de la Contaminación por Mercurio en los Ecosistemas Amazónicos, realizado en el 2006 por la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) y el Ministerio del Medio Ambiente de Brasil (158). Este plan busca defender la calidad de vida, define los principios de control y prevención de contaminación y fomenta políticas y medidas reguladoras para detectar y reducir la exposición a químicos.

El Plan de Acción del Mercurio ha tenido dos sesiones, la primera en Brasil en diciembre de 2004 y la segunda en Perú en febrero de 2005. En ellas se desarrollaron cinco programas o ejes estructurales y de desarrollo, los cuales son alimentados por proyectos, planteados para cada uno de ellos. Los programas planteados son: i). Programa de Integración y de Interacción entre los Países, ii) Programa de Fortalecimiento Institucional, iii) Programa de Gestión Ambiental, Social y Tecnológica, iv) Programa de Comunicación Social y v) Programa de Gestión del Conocimiento.

Del análisis de los programas, proyectos y estrategias se propone: i) Crear un grupo de trabajo permanente que realice un Plan de Acción para la gestión de riesgos y aspectos relacionados con el uso de Mercurio. Además deberá actualizar el conocimiento de la región, ii) Identificación de fuentes de financiamiento, iii) Institucionalización de una red de intercambios de información, iv) Desarrollar una

propuesta para la Certificación de Laboratorios de Análisis del Mercurio, v) Determinar uso, fuentes, legislación pertinente y situación de contaminación por Mercurio en los países que conforman la OTCA (Ecuador, Guayana, Perú, Surinam y Brasil) por medio de un cuestionario y vi) Interacción con la Comunidad Andina (CAN) y con el Consejo de Administración del PNUMA.

Uno de los avances del Plan de Acción es el proyecto "Reducción de emisiones de Mercurio en la Minería de Oro Artesanal" realizado la EPA en el 2008. Esta investigación se dividió en dos fases, la primera buscaba desarrollar un sistema de captura de Mercurio y la segunda intensificar el uso del sistema en tiendas de oro o compra-ventas. El sistema desarrollado tenía características para masificar su uso, como facilidad de operación, economía, facilidad en acceso, construcción e instalación, además de recoge aproximadamente el 80% del Mercurio liberado (159).

También en Brasil existe desde 2010 un sistema para la notificación obligatoria de las intoxicaciones por sustancias químicas, incluyendo agroquímicos y metales pesados. Este sistema establece como caso sospechoso a de cualquier persona que haya estado expuesta a productos químicos con signos y síntomas de intoxicación o pruebas de laboratorio anormales, posible o probablemente compatibles. En este sistema la notificación es obligatoria para todos los profesionales de salud, médicos, enfermeros, odontólogos, médicos veterinarios, biólogos, biomédicos y farmacéuticos. Después de recibir una notificación, la autoridad sanitaria está obligada a realizar la investigación epidemiológica pertinente para el esclarecimiento del diagnóstico y la detección de la propagación de la enfermedad en la población en riesgo (50).

Posteriormente, surge el proyecto "Control y captura del Mercurio en la extracción y refina de oro artesanal", desarrollado en 2009 (160). Este último proyecto se encargo de difundir el sistema por todos los lugares mineros del Perú y hacer las evaluaciones del sistema instalado en esos lugares. Por ejemplo, en Puerto Salgado se realizó la evaluación con mediciones antes y después del sistema, en este se encontró que las emisiones del tuvo de escape antes del tratamiento era de 1.580 mg/m^3 en promedio y después del tratamiento se redujo a 330 mg/m^3 . A pesar del descenso se encuentra por encima del límite de referencia de $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ según la WHO.

Adicionalmente, en Perú se usan medidas de mitigación y rehabilitación realizadas por el PUNO desde 1997, en estas se encuentra el uso de trampas de gravedad, prensas de amalgamación y retortas de destilación.

Por último, en Chile, desarrolló el Plan Nacional de Gestión de Riesgos del Mercurio en septiembre de 2008 (161). El objetivo principal de este plan es proteger la salud humana y salud ambiental por medio de la implementación de acciones para reducir los riesgos asociados al uso, consumo y emisiones del Mercurio.

Para alcanzar tal objetivo se trabajaron seis líneas de acción basadas en problemas identificados. Las líneas de acción fueron: i) Fortalecer la información base del inventario de usos, consumos y emisiones de Mercurio. ii) Sensibilizar y generar capacidades en los actores involucrados en la gestión de los procesos y productos con contenido de Mercurio, en el correcto uso, manipulación, disposición y los riesgos asociados a la exposición de este elemento, iii) Incentivar la generación y aplicación de instrumentos voluntarios y obligatorios de gestión ambiental para mejorar el manejo racional del Mercurio, iv) Fortalecer y armonizar el Marco Normativo relativo al Mercurio, v) Gestionar de manera racional los sitios con presencia de Mercurio y vi) Institucionalizar el inventario de usos, consumos y emisiones de Mercurio.

Cada línea de acción tiene actividades para darle respuesta a los problemas identificados, a los cuales se les trazó una ruta corto, mediano y largo plazo, determinando en cada uno indicadores y responsables.

5.5.2. Planes y programas en el contexto nacional

a. Planes y programas nacionales en salud

Como se mencionó en el capítulo 3 y de acuerdo al fundamento teórico de este proyecto, el estado de salud de una comunidad está determinado por determinantes biológicos, ambientales, relacionados con el estilo de vida y relacionados con el sistema de salud. En sintonía con lo anterior, estos determinantes son claves el desarrollo de políticas, planes y programas que permitan abordar el tema de manera integral, para de esta forma obtener los resultados requeridos

En Colombia existe escasa documentación acerca planes y programas en salud que abarquen de manea sistemática este problema. Los principales esfuerzos han estados centrados en el departamento de Antioquia, principalmente en los municipios de Segovia y Remedios, donde la Secretaria de salud de Antioquia en alianza con CORANTIOQUIA y la Universidad de Antioquia estableció una serie de actividades de vigilancia epidemiológica a través de acciones como: i) visitas a

establecimientos, visitas a localidades, diagnóstico de zonas de riesgo; ii) toma y traslado al Laboratorio Departamental de Salud Pública-LDSP de muestras de orina, agua y pescado de las localidades de riesgo para detección de mercurio; iii) entrega de medicamentos específicos para población con intoxicación mercurial, iv) capacitación, asesoría y asistencia técnica en estilos de vida saludable a mineros y población de las localidades de riesgo; v) utilización de tecnologías más limpias en la extracción de oro (promoción del uso de la retorta), entre otras (162).

En esta misma zona se realizó una propuesta de plan de acción, cuyo propósito fue reducir el riesgo de exposición a Mercurio en función de los recursos disponibles. Las acciones propuestas en este plan involucran la implementación de soluciones prácticas en seguridad e higiene industrial, vigilancia de la salud, ergonomía y psicología laboral, formación y capacitación y algunas mejoras de carácter técnico (163).

A través de la realización de algunas de estas actividades ha sido posible disminuir la incidencia de intoxicación por mercurio en los municipios de riesgo de 44.5 por 100.000 habitantes en 2007 a 23.4 por 100.000 habitantes en 2011 (164).

Sin embargo, actualmente aún existen dificultades para el realizar las actividades de prevención y control de intoxicaciones por Mercurio, entre ellas es posible mencionar las siguientes:

- Poca coordinación interinstitucional entre municipios, secretarías, direcciones locales de salud y las ESE Hospitales.
- La continuidad de ilegalidad en el ejercicio de las actividades mineras, con el consecuente aumento de los factores de riesgo de intoxicación por mercurio y contaminación ambiental
- El escaso empoderamiento en la comunidad afectada acerca de actividades promoción y prevención de la intoxicación por mercurio
- La dificultad en la detección temprana de casos de intoxicaciones agudas y crónicas dada la falta de experticia del personal médico en las zonas de mayor riesgo del país
- La oportunidad para el envío de muestras al laboratorio departamental de salud pública y dificultades de orden público por la presencia de grupos al margen de la ley y el narcotráfico que entorpecen el desarrollo de las actividades en la mayoría de los municipio mineros.

b. La experiencia de Hospitales Verdes

En el año 2005 la Organización Mundial de la Salud (OMS) presentó un documento de política general relacionado con el mercurio en el sector salud, en este se reconoce que los centros de atención en salud son una de las principales fuentes de liberación de mercurio en la atmósfera, debido a las emisiones causadas por la incineración de desechos médicos; además contribuyen a la contaminación por mercurio de las masas de agua debida al vertido de aguas residuales no tratadas y el uso del amalgama que es el material de relleno dental de uso más común además en las instituciones es la fuente no industrial más importante de emisión de vapor de mercurio, exponiendo a la población afectada a niveles de mercurio que superan con creces los establecidos para los alimentos y para el aire (165).

Por lo anterior la OMS recomienda que los países realicen evaluaciones sobre la utilización actual de mercurio y sobre los programas de manejo de desechos. Adicionalmente se propone el siguiente esquema de trabajo en colaboración con los países mediante acciones a corto, mediano y largo plazo que incluyen entre otros (165):

- A corto plazo: Elaborar procedimientos para la limpieza y el manejo de desechos de mercurio en centros de salud.
- A mediano plazo: Aumentar los esfuerzos para reducir la utilización innecesaria de equipo con mercurio. Los hospitales deben hacer un inventario de su utilización de mercurio. Desalentar progresivamente la importación y venta de dispositivos médicos que contengan mercurio y la utilización de mercurio en el sector de la salud, recurriendo también para ello a acuerdos multilaterales sobre medio ambiente de alcance mundial.
- A largo plazo: Respaldar la prohibición de utilizar dispositivos que contengan mercurio y promover con eficacia la utilización de alternativas sin mercurio. Ayudar a los países a elaborar un manual de orientación nacional para la gestión racional de los desechos de mercurio en la asistencia sanitaria. Respaldar a los países en la formulación y aplicación de un plan nacional, políticas y legislación en materia de desechos generados por el sector de la salud.

La Organización Mundial de la Salud y Salud sin Daño, están liderando una Iniciativa Global que tiene por finalidad reducir, para 2017, en al menos un 70%, el uso de termómetros y tensiómetros que contengan mercurio y reemplazar su

producción por alternativas libres de ese metal que sean precisas, accesibles y seguras (166).

Salud sin Daño es una coalición internacional que trabaja para transformar el sector del cuidado de la salud para que no sea una fuente de daño para las personas y el ambiente. Esta coalición está formada por hospitales y sistemas de salud, asociaciones de trabajadores, médicos, enfermeros y Organizaciones no gubernamentales (ONGs) que promueven el desarrollo de prácticas alternativas seguras y ambientalmente saludables en este sector (166)

La propuesta de eliminación del mercurio en el sector salud tiene por objetivos (166):

- Reducir las emisiones de mercurio por parte del sector salud a través del reemplazo progresivo de su empleo.
- Promover un rol de liderazgo del sector salud en la reducción de las emisiones de mercurio al ambiente.
- Promover la adopción de políticas públicas saludables en relación al mercurio.

Para que la eliminación del mercurio sea sostenida en el tiempo y pueda ser expandida a más establecimientos de salud, se elaboró una guía que pretende ser una herramienta sencilla y útil para la implementación de planes de eliminación de mercurio en hospitales.

Se recomiendan unos pasos a seguir que incluyen: la formación de un equipo de trabajo, un compromiso escrito por parte del director o gerente del hospital, la realización de un diagnóstico de situación o inventario de equipos, instrumentos y desechos que contengan mercurio. Además realizar un programa de eliminación de mercurio dentro del hospital o establecimiento de salud, basado en los hallazgos del inventario.

A continuación se presenta una lista de insumos alternativos libres de mercurio que se pueden utilizar en lugar de insumos que contienen mercurio:

Tabla 13. Lista de insumos alternativos libres de mercurio

| Contiene mercurio: | Alternativa: |
|--------------------------|---|
| Termómetros | Principalmente digitales |
| Tensiómetros | Aneroide o digital |
| Termostatos | Electrónicos |
| Tubos fluorescentes | Lámparas con bajo contenido de Hg. |
| Baterías | Pilas y baterías sin mercurio / recargables |
| Amalgamas dentales | Ionómeros vidrio/composite/resinas |
| Manómetros | Electrónicos |
| Tubos gastrointestinales | Tubos con pesas de Tungsteno |

Fuente: Guía para la eliminación del mercurio en establecimientos de salud, 2010 (166)

De igual forma en el año 2009, la Organización Mundial de la Salud puso en evidencia el compromiso que debe tener el sector salud en el papel que tiene frente al cambio climático que afecta a todos los habitantes de la tierra. Para cumplir con lo anterior el sector salud debe tener actividades en las cuales sus prácticas, los productos que consume y los edificios donde ejerce su actividad no dañen la salud humana ni el medio ambiente (167).

La Organización Mundial de la Salud en colaboración con Salud Sin Daño proyectó un documento de discusión en el cual se incluyen siete aspectos de un hospital respetuoso del clima que incluyen (167): la eficiencia energética, el diseño de edificios verdes, transporte (combustibles alternativos entre otros), generación de energía alternativa, la alimentación [alimentos se ofrezca dentro de la institución producida localmente de manera sostenible], residuos (incluye reducir, reutilizar, reciclar, elaborar compost; utilizar alternativas a la incineración de los residuos), agua (conservar el agua; evitar el agua embotellada cuando existan alternativas seguras) (167).

En países de Latinoamérica como Cuba, Brasil, México se conocen experiencias institucionales relacionadas con la eficiencia energética, en Perú con el diseño de edificios verdes entre otros (167)

En Colombia el primer hospital construido con las características de Hospital verde es el de la Fundación Hospitalaria San Vicente de Paúl de Rionegro Antioquia que fue inaugurado en el año 2011 (168).

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, ha liderado el programa del Hospital Verde con el apoyo del Ministerio de Protección Social y la Universidad Industrial de Santander (169).

La estrategia de hospital verde fue creada desde 2003 con el propósito de que las entidades del sector salud apliquen métodos de producción más limpios y con ello reporten mejores indicadores que impacten menos en el medio ambiente. Gracias a este programa, hasta el año 2010 en Colombia se promovieron a 27 entidades de salud de Santander y 17 de Boyacá, que han desarrollado 890 opciones de producción más limpia, las cuales se centraron en la ejecución de programas de uso eficiente del agua y la energía, gestión integral de residuos sólidos y líquidos y manejo adecuado de sustancias químicas entre otros (169).

Adicionalmente en Junio de 2012, en Colombia el Ministerio de Salud y Protección Social, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, la Universidad Industrial de Santander y la Corporación Ecoeficiencia, reconocieron las acciones de 10 Entidades de Salud adelantadas para mejorar el desempeño ambiental (170).

Las siguientes instituciones fueron galardonadas con el reconocimiento de "Hospital Verde": Unidad médico odontológica de COMFENALCO Santander, Hospital Militar Regional de Bucaramanga, IPS CAJASAN Ciudadela, Empresa Social del Estado Hospital San Juan de Dios de Floridablanca, Centro de atención y diagnóstico de enfermedades infecciosas CDI S.A., Clínica Chicamocha S.A., Instituto del Corazón de Bucaramanga, Fundación Cardiovascular de Colombia - Instituto del Corazón. , Fundación Oftalmológica de Santander – FOSCAL, Higuera Escalante y CIA Ltda (170).

El programa Hospital Verde consta de tres fases y se hace posible mediante un proceso constante en el que se enseña a las entidades la aplicación de la variable ambiental en su ejercicio cotidiano, se acompaña y apoya al equipo ambiental en la adopción de estrategias que minimicen el impacto negativo al ambiente, y además se exaltan los esfuerzos en gestión ambiental (170).

La Organización Mundial de la Salud también ha desarrollado una guía para reemplazar los termómetros y tensiómetros de mercurio en la atención en salud. La guía brinda un enfoque paso-a-paso para el retiro gradual de los termómetros y tensiómetros de mercurio. Enfatiza sobre la disponibilidad y sobre las consideraciones de costos del equipo alternativo, y sobre su conformidad con los estándares nacionales o internacionales existentes, entendiendo que deben estar apropiadamente validados por el fabricante y calibrados por el usuario (171).

Se conoce la experiencia del Hospital Universitario de Uruguay en el cual se implementó un programa de sustitución de termómetros y esfingomanómetros de mercurio por otras tecnologías libres de mercurio que inició entre los años 2006 y 2008, incluyendo diversos aspectos de información y capacitación, kits para derrames de mercurio, definición de almacenamiento específico para los residuos con mercurio, entre otras actividades. En el año 2011 se realizó un inventario y se concluyó que el programa de sustitución fue exitoso (172).

c. Planes y programas en el contexto ambiental

En Colombia se inicia el desarrollo de la normatividad para el cuidado del ambiente. En 1997 se establece la política de Producción más Limpia, la cual busca prevenir y minimizar los impactos en el ambiente y a la salud humana en procesos industriales. En este periodo se ha encontrado que el sector productivo del país está respondiendo positivamente el compromiso.

En Colombia al igual que otros países latinoamericanos, la mayor fuente de contaminación por Mercurio es la minería, en especial la ilegal, la cual tiene ciertas características que intensifica el problema, una de ellas es el uso indiscriminado de Mercurio sin tener en cuenta normas, protocolos o medidas de seguridad. Los impactos generados por la minería se ven reflejados en el aspecto social, ambiental, económico y de orden público (40).

Dado lo anterior, se hace necesario que el gobierno genere una estrategia integral para la participación eficaz de las personas u organizaciones involucradas en el problema, cuyo objetivo debe ser controlar la explotación, extracción, acopio, transporte y aprovechamiento ilegal de minerales. En este sentido, se debe establecer un Plan de Acción que desarrollen ajustes normativos y regulatorios, fortalecimiento y articulación entre diferentes entidades y el fortalecimiento de procesos de desarrollo regional y mitigación de impactos ambientales, entre otros. Adicionalmente se requiere generar responsabilidades y tiempos de respuesta.

Por su lado, el Ministerio de Minas y Energía presenta el documento "Producción mas limpia en la minería de oro en Colombia" en 2007, el cual ofrece orientaciones para el diseño de programas y proyectos que propicien la reducción o sustitución del Mercurio y otras sustancias tóxicas, con el propósito de mejorar las condiciones técnicas, sociales, ambientales y de salud de poblaciones expuestas por la minería.

La producción más limpia en la minería se puede aplicar en la etapa de extracción o explotación, trituración y molienda, concentración gravimétrica, manejo de colas

contaminadas, separación del Mercurio de la amalgama, recuperación de oro de la amalgama y reutilización del Mercurio. Conociendo que los procesos anteriores tienen fallas en la minería, el Ministerio de Minas y Energía establece que las mejoras deben realizarse en función de la aplicación de tecnologías y procesos limpios, utilización de materias primas en la producción compatibles con el medio ambiente y establecimiento de buenas prácticas para el manejo adecuado de residuos (reducir, re-usar, reciclar) (173).

Basados en los puntos identificados se realizaron proyectos como: i) programa certificación Oro Verde, que daba beneficios a las minas legales en Chocó; ii) experimentos para recuperar Mercurio en afluentes líquidos y sólidos, este evaluaba diferentes métodos de remoción como carbón activado, bentonita, brómelas, recurvata, sargassum, tratamiento con peróxido y concentrador centrifugo; iii) control de metales en afluentes mineros, iniciativa que construyó una batería para remover los metales generados durante la molienda y separación, la cual removió más del 90% de los metales; y iv) el proyecto del Río Suratá, el cual implementó un sistema de asistencia técnica quienes instalaron diferentes métodos para reducir las concentraciones en la cuenca del río Suratá. Cada uno de estos proyectos obtuvo resultados positivos (173).

Enlazados al *Proyecto Global de Mercurio 2* (GPM-2), se firma en 2009 un acuerdo de cooperación técnica con la gobernación del lugar más afectado de Colombia, Antioquia, específicamente Segovia, Remedios, Zaragoza, El Bagre y Nechí. Se inicia el acuerdo con el desarrollo de un proyecto que evalúa algunas actividades desarrolladas en el Bajo Cauca Antioqueño, las cuales pretenden impulsar cambios tecnológicos que permitan una recuperación de la minería de oro, teniendo en cuenta la reducción del uso de Mercurio e impactos en la comunidad, por medio de la gestión del conocimiento y coordinación de esfuerzos minera (174).

En esta investigación se desarrollaron cinco líneas de acción: motivación empresarial, acompañamiento, asesoría y asistencia a los entables, acompañamiento a las compra-ventas de oro, sensibilización, socialización y divulgación y por último motivación y movilización institucional. La aplicación de estas líneas ha reducido el consumo de Mercurio y aumentado la recuperación en compra-ventas, plantas artesanales, además se montaron plantas de beneficio medianamente mecanizadas en algunos lugares.

Adicionalmente, con esta política se enlazaron proyectos realizados por la Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible y financiados por el Fondo de Compensación Ambiental y el Sistema Nacional Ambiental. Estos proyectos buscan beneficios a nivel ambiental, social y minero mediante la implementación de buenas prácticas,



Convenio de asociación no. 447 de 2012 suscrito entre el
Ministerio de Salud y Protección Social y la Fundación para la
Educación y el Desarrollo Social - **FES**



nueva tecnología para la extracción y procesamiento, capacitaciones, generar o fortalecer redes de trabajo interinstitucional, elaborar de políticas, implementar programas de monitoreo ambiental, entre otros (175).

Estos programas han tenido buenos resultados, los cuales se ven reflejados en mayor recuperación del oro y hectáreas mineras, disminución de uso del Mercurio, costos de operación, contaminación y efectos en salud. Tales proyectos han invertido en promedio 310 millones de pesos y han sido financiados por MAVDT y en menor proporción por las corporaciones autónomas regionales. Un resumen de ellos se presenta en la tabla 13.

De otro lado, en agosto de 2011 se creó la unidad de la Fiscalía contra delitos ambientales, la cual está encargada de investigar y sancionar todo aquello que perjudique el ecosistema, tal como: contaminación ambiental, explotación ilícita de yacimientos naturales e invasión de áreas ecológicas. Con esta unidad, la cual inició su funcionamiento en 2012, se espera que haya disminución de procesos masivos de contaminación con Mercurio y cianuro generados por la minería.

Por último, en 2012 se lanzó uno el programa de Postconsumo de iluminación, desarrollado por la ANDI en asocio con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta iniciativa busca generar conciencia ciudadana por medio de la recolección de bombillas que no se usan en las instituciones y residenciales, con el propósito de darle un manejo adecuado a estos residuos y de re-usar el Mercurio recuperado.

Tabla 13. Algunos proyectos de intervención ambiental realizados en Colombia

| Nombre | Año y lugar | Inversión | Actividades | Resultados |
|--|---|---|--|---|
| Aplicación de tecnologías apropiadas para disminuir la contaminación ocasionada por el mercurio y cianuro. | 2006. Municipios de Los Andes, Cumbitara, Mallama, Santacruz, La Llanada y Samaniego (Nariño) | 397.406.000 | Diseño e instalación de modelos demostrativos de amalgamación y cianuración. | Disminución de mercurio: 56%. |
| | | | Divulgación de tecnologías apropiadas de amalgamación, cianuración y publicación de los resultados del proyecto. | Aumento recuperación de oro en 25%. |
| | | | Capacitación y asesoría técnica sobre tecnologías apropiadas y educación ambiental. | Disminución de costos del proceso de beneficio de mineral 37% (de \$65.000 a \$41.000 por tonelada procesada). |
| | | | Diagnóstico y caracterización de fuentes hídricas contaminadas por mercurio. | Aumento de producción del proceso de trituración de 2.4 a 7.2 tn/día |
| Implementación y fortalecimiento de tecnologías limpias en la minería del oro del distrito minero de La Llanada | 2009. Municipios de Los Andes, Cumbitara, Mallama y Santa Cruz (Nariño). | 360.000.000 | Mejoramiento e implementación de plantas minero-ambientales. | Capacitación: 261 mineros. |
| | | | Seguimiento a los procesos minero-metalúrgicos. | Aumento en el volumen de explotación y beneficio: 43% |
| | | | Manejo y disposición de estériles. | Disminución de la carga de sedimentos a las corrientes de agua: 75% |
| | | | Control y monitoreo de las liberaciones de mercurio. | Caracterización de fuentes para mercurio y cianuro: 23 |
| Proyecto piloto de Producción más Limpia en la minería artesanal de oro en los municipios de Vetas y California (Santander). | 2008. Vetas y California (Santander). | 224.000.000 | Capacitación y asistencia técnica. | Capacitación: 120 mineros. |
| | | | Caracterización de tecnologías usadas y determinación del uso de mercurio en cuatro (4) plantas mineras. | Unidades de beneficio asistidas: cuatro (4) |
| | | | Monitoreo de mercurio y cianuro en agua y/o sedimentos. | Reducción en las pérdidas de mercurio: 39%. |
| | | | Adquisición de componentes del sistema de precipitación con zinc en polvo para la reducción del uso de mercurio y cianuro. | Disminución en la carga de contaminación por cianuro: 25% |
| Implementación de procesos de Producción más Limpia para reducir la contaminación por mercurio en el beneficio auro-platinífero, como experiencia piloto en el municipio de Condoto, Departamento del Chocó. | 2007-2009. Municipios de Condoto (Chocó). | 2007: 241.700.000 2008: 235.700.000 2009: 315.000.000 Total: 792.400.000 | Divulgación y orientación tecnológica. | Implementación de paquetes tecnológicos de precipitación de oro mediante cementación con zinc en polvo: cuatro (4). Disminución de costo de cementación de oro: 75% |
| | | | Adiestramiento del recurso humano. | Mineros capacitados en temas empresariales, mineros-ambientales: 30 |
| | | | Optimización del proceso de amalgamación en el beneficio auro-platinífero. | Funcionarios capacitados en producción más limpia en minería de oro: 3 |
| | | | Implementación de instrumentos y procesos de Producción más Limpia en las unidades pilotos. | Disminución de pérdidas de mercurio en unidades mineras: 82,6% |
| | | | Monitoreo y seguimiento a los procesos implementados para la Producción más Limpia en las unidades pilotos. | Unidades mineras asistidas: 8 |
| | | | Réplica de la recuperación y reducción del uso de mercurio en el beneficio auro-platinífero. | Equipo de destilación de mercurio entregado: 8 |
| Programa de Producción Competitiva y Limpia en los distritos mineros del departamento del Cauca | 2008-2010. Municipios mineros del Departamento del Cauca | 453.000.000 | Determinación del grado de contaminación generada por el uso del mercurio en el recurso. | Monitoreo de contaminación por mercurio en humanos: 41 Aumento en la recuperación de metales preciosos: 5% |
| | | | Elaboración de estudios base. | Estudios geológicos, mineros, metalúrgicos y ambientales de los distritos mineros: 5 |
| | | | Introducción de tecnologías apropiadas de amalgamación, cianuración. | Funcionarios capacitados en Producción más Limpia en Minería de oro: 46. |
| | | | Mejoramiento de las unidades de explotación. | Mineros capacitados: 255 |
| | | | Capacitación y asistencia técnica. | Disminución de pérdidas de mercurio por atomización: 70% |
| | | | Control y monitoreo ambiental. | Disminución de pérdidas de mercurio por quema de amalgamas: 90% |
| | | | | Disminución en el uso de cianuro: De 4.5 kg/tn a 1.5Kg/tn Unidades mineras asistidas: 78 Disminución de cargas de sedimentos: 75% Aumento en la recuperación de metales preciosos: 25% Reforestación en zonas degradadas por minería: 25 Ha |

Tomado de: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Colombia. Actualizada septiembre 2012 (175).

5.5.3. Programas de vigilancia en salud pública en América Latina

De acuerdo a las experiencias compartidas durante las reuniones de cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia; para el Fortalecimiento de la Vigilancia de la Salud de Poblaciones Expuestas a Mercurio; Bolivia informó que en cuanto al sistema de información para notificación de intoxicación y exposición humana a sustancias químicas en la actualidad no existe una ficha de notificación específica para la intoxicación por mercurio. Se incorporó un acápite en la ficha de notificación de plaguicidas del SNIS (Servicio Nacional de Información en Salud) que incluye casos de intoxicación por sustancias químicas) (176).

A pesar de estos inconvenientes, se realizó una propuesta de ficha de notificación la cual se encuentra en revisión. A la vez, la notificación de casos se espera que se realizará en varios niveles: en el centro de salud de la comunidad o población, donde se llena la ficha de notificación que llegará al INSO (Instituto Nacional de Salud Ocupacional) si fuera un caso de índole laboral, o al SNIS con fines epidemiológicos, allí también serán tomadas las muestras de sangre y orina para enviarlas al laboratorio de referencia. Posteriormente, el paciente será transferido a un centro de tercer nivel para nueva valoración y tratamiento en caso necesario (176).

En el Brasil se cuenta con el Sistema Nacional de Enfermedades de Notificación (SINAN) El SINAN, desarrollado en 1998, tiene por objetivo el registro y procesamiento de los datos sobre enfermedades y daños de notificación en todo el territorio nacional, suministra información para análisis del perfil de la morbilidad y contribuye de esta forma para la toma de decisiones en el ámbito municipal, estatal y federal. . La notificación y comunicación de la ocurrencia de determinada enfermedad o daño a la salud es realizada por profesionales de salud o por cualquier ciudadano para fines de adopción de las medidas de intervención adecuadas (176) .

El marco legal en Brasil para la notificación obligatoria de las intoxicaciones por sustancias químicas, incluyendo agroquímicos y metales pesados, se llevó a cabo en 2010 con la publicación de la Ordenanza nº 2.472, actualizada y revocada por la Ordenanza Ministerial n.º 104 del 26 de enero de 2011 (176) .

La notificación es obligatoria para todos los profesionales de salud, médicos, enfermeros, odontólogos, médicos veterinarios, biólogos, biomédicos, farmacéuticos y otros en ejercicio de su profesión, bien como responsables de organizaciones o establecimientos públicos y particulares de salud y educación, en conformidad con los artículos 7 y 8 de la Ley n.º 6259 del 30 de octubre de 1975. En esta ley, el artículo 11 establece que después de recibir una notificación, la autoridad sanitaria está obligada a realizar la investigación epidemiológica

pertinente para el esclarecimiento del diagnóstico y la detección de la propagación de la enfermedad en la población en riesgo. Los eventos considerados de importancia para la salud pública a nivel nacional en el anexo II de la Ordenanza n.º 104/2011 (grupos de individuos o muertes por exposición a sustancias químicas), después de la aplicación de la evaluación de riesgos de acuerdo con anexo II del Reglamento Sanitario Internacional (RSI-2005) y una vez clasificado como una Emergencia de Salud Pública de Importancia Nacional (ESPIN) o de Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (ESPII), deben ser notificados inmediatamente dentro de las 24 horas a las Secretarías de Salud del Estado, Municipal, Distrital y a las Secretarías de Vigilancia en Salud (SVS) del Ministerio de Salud (MS). Esta notificación inmediata se hace a través de formulario y posteriormente con la investigación epidemiológica; finalmente, los casos confirmados de intoxicación exógena deben ser notificados al SINAN dentro de siete días (176) .

El Centro de Informaciones Estratégicas para la Vigilancia en Salud (CIEVS), creado por la SVS n.º 30 del 7 de julio de 2005, se inauguró en marzo de 2006 . Está compuesto por una unidad central, estructurada en el Ministerio de Salud, en Brasilia, y tiene sucursales en los estados y municipios, a menudo identificados como las Unidades de Respuesta Rápida (URR). En total, 50 URR vinculadas a 23 secretarías de salud estatales y del Distrito Federal y 26 en capitales municipales. Toda información que llega vía telefónica, correo electrónico, formulario o por prensa se comunica inmediatamente a las secretarías estatales de salud y es evaluada por la Secretaría de Vigilancia en Salud (SVS) del Ministerio de Salud, teniendo en cuenta la ubicación de ocurrencia, magnitud y urgencia. Después de este procedimiento se define la necesidad de apoyo o la participación directa del Ministerio de Salud en la prevención y control. Una vez recibida la información, la secretaría estatal o municipal de Salud está en condiciones de adoptar, de forma ágil, las medidas adecuadas para la investigación epidemiológica y bloqueo de la diseminación de la enfermedad (176).

El Ministerio de Salud pasa en este momento por medio del CIEVS a hacer el acompañamiento del comportamiento epidemiológico de la enfermedad y estará dispuesto a enviar equipos entrenados para detección y respuesta a brotes, siempre que sea necesario. Los casos que se configuren como de relevancia nacional serán investigados por las Unidades de Respuesta Rápida (URR) de la SVS, que utilizarán la estructura tecnológica del CIEVS para movilizar técnicos, especialistas, redes de profesionales, secretarías de salud, laboratorios e institutos de investigación. El CIEVS, por lo tanto, es un mecanismo de facilitación para la integración de los equipos de campo con los directivos y técnicos de los distintos niveles del Sistema Único de Salud de Brasil (SUS) (176).

Los eventos y daños de notificación inmediata son monitoreados por el CIEVS y por el área técnica responsable de asegurar una respuesta eficiente y oportuna, junto a las secretarías estatales y municipales de salud (176).

En el Perú recientemente, la Dirección de Salud Ocupacional de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, presentó un plan para la vigilancia y el control de los riesgos por exposición ocupacional a metales pesados. Se priorizaron 13 zonas del país de acuerdo con la información de las zonas mineras y zonas donde se encuentran presentes los factores de riesgos ambientales y ocupacionales asociados a los metales pesados Cadmio, Plomo, Arsénico inorgánico y Mercurio (177).

En el plan se resalta que en el caso de la exposición en el ambiente de trabajo, la principal vía de entrada de tóxicos es la inhalación, seguida por la penetración percutánea (177)

5.5.4. Programas de vigilancia en salud pública en Colombia

En Colombia, existe un sistema de vigilancia en salud pública SIVIGILA el cual está soportado legalmente por el Decreto 3518 de 2006 en el cual se dan lineamientos claros sobre las competencias en vigilancia en salud pública de los actores del Sistema de Seguridad Social en Salud del país. Dando respuesta a estas directrices el Instituto Nacional de Salud (INS) impartió las herramientas para la notificación de casos teniendo como soporte el protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones agudas por mercurio en Colombia desde el año 2007 (178).

Como resultado del reporte desde las Unidades Primarias Generadoras de Datos (UPGD) a unidades Notificadoras (UN) y Unidades Notificadoras Distrital o Departamental (UND) el INS recibió la información y basado en esta publicó el Boletín de intoxicación por mercurio en Colombia 2007 -2011 donde muestra los resultados de la vigilancia epidemiológica de la intoxicación por mercurio desde cuando se inicia su reporte en todo el país (179).

Como aspectos relevantes se muestra que durante este período fueron reportados 450 casos, y que durante el año 2009 se presentó el mayor número de notificaciones con 159 casos. El departamento de Antioquia fue el principal departamento que notificó con 407 casos durante los 5 años, esta tendencia se mantuvo durante todos los años de revisión donde Antioquia reporta más de los 90 % casos anualmente del total Nacional (179).

Del total de casos en el periodo analizado el 85,55 % corresponde a hombres y el 94,67% requirió hospitalización, el mayor número de notificación están en el

grupo de edad de 20 a 49 años , dentro de este rango los subgrupos de 40 a 44 años y 45 a 49 años presentaron el mismo porcentaje (14,67%) y el grupo de 25 A 29 años un 13,56% lo que permite inferir una relación entre intoxicación con la actividad ocupacional (179).

El 79,33% de los casos de intoxicación fueron ocasionados por vía respiratoria, el 9,56% por vía oral y 6,89% por la piel. dado esto se puede afirmar que la intoxicación de mercurio en el país está asociada a la inhalación de vapores de mercurio metálico , producto de la quema de la amalgama para la obtención del oro y dado la forma de exposición que es permanente y a concentraciones variables, la intoxicación es predominantemente crónica , siendo las intoxicaciones agudas infrecuentes, lo que si se presenta con alguna frecuencia es la agudización de los cuadros crónicos debido a la exposición a una concentración inusual del contaminante (179).

La exposición ocupacional es la más frecuente con un 88,4% de los casos reportados, donde las ocupaciones mineros y canteros son las que presentan un mayor número de casos (267) asociados al uso de mercurio como insumo para la minería de oro (179).

Las conclusiones más relevantes indican que en orden, los notificadores más frecuentes durante el período fueron Antioquia, seguido de Bogotá, Bolívar, Risaralda, Santander y Valle del Cauca. El mayor porcentaje de intoxicaciones reportadas fueron de tipo ocupacional siendo la vía de exposición más frecuente la respiratoria y de acuerdo al análisis por ocupación, el mayor número de intoxicados reportaron ser mineros o canteros (179).

Actualmente, se cuenta con un protocolo preliminar de intoxicaciones por mercurio proyectado por el Instituto Nacional de Salud en el cual se dan directrices para la captación, reporte, seguimiento y manejo de brotes del evento (50).

En cuanto a vigilancia de agua se encuentra que de acuerdo con la Resolución 2115 de 2007 en el capítulo IV artículo 13 se hace referencia al índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano (IRCA) en el cual se asigna el puntaje de riesgo a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente resolución, se observa que para el cálculo de este índice no se incluye el valor de mercurio a pesar que este se toma en cuenta como una de las características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana a evaluar en las muestras (180).

Como parte del fortalecimiento de las acciones de vigilancia en Salud pública en el país Colombia asistió durante el año 2010 y 2011 a las reuniones que se realizaron entre representantes de Brasil, Bolivia y Colombia con el objetivo de fortalecer sus sistemas de salud para trabajar y enfrentar el problema del mercurio, estas reuniones fueron como resultado de un convenio de cooperación técnica entre los tres países, organizado por la OPS (Organización Mundial de la Salud) y OMS (Organización Mundial de la Salud) para fortalecer la vigilancia de la salud de las poblaciones expuestas al mercurio. En este, se identificaron algunas prioridades, necesarias para fortalecer la vigilancia de la salud de tales poblaciones, a saber:

- Vigilancia de la salud (definición y aplicación de instrumentos de notificación de casos; establecimiento de los sistemas de información; percepción y comunicación de riesgos)
- Metodologías analíticas para la cuantificación del mercurio (intercambio de técnicas y metodologías analíticas para la cuantificación de mercurio; control de calidad tanto para muestras ambientales como para muestras biológicas)
- Investigación en salud (priorización de líneas de investigación sobre el mercurio; divulgación de la información)
- Capacitación del personal sanitario que ejerce sus funciones en comunidades de mineros artesanales en materia de Toxicología. Hasta el momento se considera que la formación de base tiene algunas deficiencias lo que conlleva diagnósticos erróneos y derivación de pacientes a niveles de atención más complejos.
- En sintonía con lo anterior, es fundamental la elaboración de herramientas diagnósticas (protocolos) orientadas a la prevención de intoxicaciones crónicas por mercurio.
- Atención en salud (establecimiento de protocolos de diagnóstico y manejo clínico). Dicha atención debe tener la capacidad de discriminar el riesgo de acuerdo con las características de los diferentes grupos poblacionales (población trabajadora, población vulnerable y población general)

En estas reuniones técnicas además se identificó que existen algunos grupos de población que merecen una atención especial en relación con la exposición al mercurio, ya que tienen una mayor probabilidad de exposición a niveles peligrosos, o debido a que, por ser portadores de alguna enfermedad, pueden exacerbarse los efectos de la intoxicación (53). Estos grupos son:

- Los trabajadores expuestos al mercurio
- La población general que rodea a las fuentes de contaminación con mercurio (minas, industrias)

- Las poblaciones en zonas contaminadas por mercurio, especialmente las indígenas y ribereñas que tienen en los peces su principal fuente de proteínas
- Personas que usan medicamentos con mercurio de forma prolongada
- Personas enfermas del sistema nervioso central, pacientes con insuficiencia renal y broncopulmonar crónica
- Las mujeres embarazadas y niños pequeños

Además se hizo hincapié en las mujeres embarazadas, mujeres lactantes y los niños que tienen ciertas características que, combinadas con las características del mercurio, los transforman en grupos de población más vulnerables.

Como resultado de la cooperación técnica y con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), en el año 2011 se permitió la definición de una red de intercambio llamada Red de Vigilancia de la Salud de la Exposición al Mercurio (Redvigimer). La misión de esta red será la democratización de la información, el intercambio de experiencias y la conformación de grupos de discusión específica que contribuyan al fortalecimiento de la vigilancia de la salud de las poblaciones expuestas al mercurio (53).

Dando respuesta a los lineamientos impartidos en el CONPES 3550 de 2008, en Colombia, el Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible y la Organización de Naciones Unidas para el desarrollo industrial entregaron el documento perfil de sustancias químicas del país en el cual se encuentra que se realizaron encuestas a entidades gubernamentales y privadas y de acuerdo con los hallazgos, la mayor problemática de las sustancias químicas es su inadecuado manejo o manipulación y las principales sustancias involucradas con esta problemática son los ácidos inorgánicos, las bases inorgánicas, los solventes, el mercurio y el cianuro.

Al articular este resultado con el de la priorización de sustancias químicas se infiere que los ácidos y las bases inorgánicas merecen especial atención pues son sustancias químicas ampliamente consumidas, se destacan el hidróxido de sodio, el amoníaco y los ácidos sulfúrico, fosfórico y clorhídrico dado que se consumen ampliamente en el nivel nacional, se utilizan en diversos procesos productivos y además, se encuentran reportados en eventos de emergencia, por su parte, el mercurio es la sustancia asociada al mayor número de accidentes.

Con base en lo mencionado anteriormente, en el documento indican que puede afirmarse que el país no dispone de un sistema integral de vigilancia en salud ambiental que permita monitorear las condiciones ambientales y evaluar su impacto en la salud de la población, razón por la cual uno de los principales retos de este proceso es promover y coordinar espacios de análisis de información

intersectorial y comunitaria, que permitan construir evidencia nacional para orientar de manera técnica y científica la formulación de políticas, al igual que poner al alcance de la comunidad la información mínima requerida (181).

6. MEDIDAS NECESARIAS PARA EL CONTROL E INTERVENCIÓN EN COLOMBIA

6.1. IDENTIFICACIÓN DE ACCIONES PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS

En el contexto de la revisión sistemática realizada para conocer de manera más detallada el abordaje de la problemática del Mercurio en los niveles académicos e institucionales, se conocieron 3 planes de acción que sirven de marco para evaluar las posibles acciones que se formularán en el presente proyecto. A continuación se señalan algunos aspectos relevantes de las experiencias que han avanzado en la formulación de planes de acción en el contexto internacional. Posteriormente se esbozan algunas líneas de acción que se han evidenciado como prioritarias en relación con el trabajo alrededor de la problemática del Mercurio, para el caso colombiano. Estas líneas han sido elaboradas a través de recomendaciones de las diferentes investigaciones revisadas, así como del diagnóstico inicial, a partir del cual se han podido identificar los vacíos en el campo investigativo y de intervención con población en riesgo de intoxicación.

En este documento, se presentan 2 de las experiencias internacionales más importantes enfocadas al diseño y puesta en marcha de planes de acción para abordar la problemática del Mercurio. Por una parte, se conoce la experiencia desarrollada en Chile a través de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, la cual se orientó a generar un Plan Nacional de Gestión de Riesgos durante el año 2008, basándose en un diagnóstico de los efectos nocivos del Mercurio sobre la salud, el cual se basó en un análisis de los riesgos de exposición a los diferentes tipos de Mercurio.

La segunda experiencia internacional que representa un avance en el trabajo con la problemática del Mercurio se realizó en Brasil a través de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), como una medida de seguridad alrededor de las actividades de minería y explotaciones sobre la cuenca amazónica.

Las experiencias internacionales parten de la elaboración de diagnósticos de la situación actual de contaminación por Mercurio, destacando los usos que tiene en algunas actividades productivas, siendo la minería una de las principales dinámicas a través de las que se usa el Mercurio en diferentes regiones a nivel internacional.

Posteriormente a la elaboración de diagnósticos, se evidencian los vacíos en el conocimiento y puesta en marcha de planes de acción para mitigar los efectos de esta problemática. Por ejemplo, en el caso de Chile, se identificaron vacíos legales o la inexistencia de iniciativas legislativas y normativas relacionadas con la restricción para la importación y/o exportación de productos con contenido de Mercurio, así como no se identificó una normativa orientada a regular el contenido de Mercurio presente en estos productos.

Existe una experiencia nacional fundamental y fue gestada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en alianza con la Universidad de Antioquia y CORANTIOQUIA con el objetivo de reducir, eliminar, prevenir y controlar la contaminación por Mercurio a nivel nacional. Esta experiencia se desarrolló en los municipios de Segovia y Remedios (Antioquia) y está desarrollada en el capítulo denominado "Planes y Programas"

En las tres experiencias se ha trabajado en forma similar, a partir de la conformación de grupos de trabajo interinstitucionales y de la generación de programas y proyectos orientados a prevenir y mitigar los efectos del Mercurio sobre la salud y el medio ambiente. Sin embargo, el Plan de Acción formulado para Colombia, inicia con un proceso de fortalecimiento institucional que no hace parte de las experiencias internacionales, lo cual podría ser indicativo de un vacío de infraestructura y conocimiento y sensibilización frente a la problemática de contaminación y riesgo de intoxicación por Mercurio en gran parte del país.

En síntesis se identifican hasta el momento 4 grandes pilares en los cuales se basan los planes de acción ya elaborados:

1. Conformación de grupos de trabajo con especialistas en el tema, representantes de diferentes instituciones y entidades encargadas de la problemática del Mercurio y definición de responsabilidades.
2. Fortalecimiento institucional, en lo referente con infraestructura de atención en lo referente a recurso humano, sistemas de información, tecnológico incluyendo laboratorio a casos de intoxicación, sensibilización de personal encargado de la prevención y atención, fortalecimiento del marco normativo con precisiones específicas sobre Mercurio y mejoramiento de la comunicación interna y externa de las instituciones.
3. Identificación de fuentes de financiación y disponibilidad de recursos por parte de las entidades encargadas del tema.
4. Generación de conocimiento y actualización permanente a través de monitoreos y caracterizaciones de las poblaciones en riesgo de intoxicación.

A partir del estado del arte sobre la problemática del Mercurio en Colombia, se abrieron múltiples preguntas que se intentarán resolver en la segunda fase de este proyecto a partir de la información que se levantará con los expertos conocedores del tema para el caso de Colombia. Sin embargo, ya se han delineado posibles acciones que se enlistan a continuación y que serán abordadas a través de la mesa de discusión con expertos y con los aportes de la información cualitativa que actualmente se está levantando.

Líneas de Acción:

- Georreferenciación: una primera necesidad que se expresa para actuar en torno a la problemática del Mercurio tiene que ver con la elaboración de mapas a nivel local, regional y nacional, en los que se detalle: los reportes por intoxicación, las vías de intoxicación, alcances del riesgo por contaminación (geográficamente), actividades económicas de las zonas afectadas, priorización de zonas afectadas, consumos de las zonas.
- Diseño y puesta en funcionamiento de una normatividad específica para Mercurio distinguiéndolo de los metales pesados.
- Reglamentación sobre el monitoreo de Mercurio en las fuentes de aire, agua para consumo humano y alimentos y suelo de la industria, por el desconocimiento de los efectos de los procesos industriales y características de las materias primas.
- Formulación de programas para generación de alternativas ocupacionales, consumo y usos del Mercurio en las zonas más expuestas a los efectos nocivos de éste.
- Fortalecimiento de la infraestructura local, con programas específicos para prevención y atención a la población vulnerable.
- Formulación de un programa para la identificación y puesta en funcionamiento de alternativas para el uso controlado de las liberaciones de Mercurio. Las alternativas deberán contemplar el diseño de artefactos que minimicen el riesgo de intoxicación y que controlen las liberaciones. Por otra parte, debe contemplar las prácticas socioculturales de las comunidades afectadas para sensibilizarlas frente a la problemática y generar intervenciones donde se interioricen nuevas prácticas desde la perspectiva de cuidado de la salud y el medio ambiente.
- Conformación de equipos especializados para capacitar a los sectores productivos y a las comunidades en la implementación de mecanismos de producción más limpia.
- Implementación de programas de tratamiento y disposición final segura de desechos con contenido de Mercurio.



Convenio de asociación no. 447 de 2012 suscrito entre el
Ministerio de Salud y Protección Social y la Fundación para la
Educación y el Desarrollo Social - **FES**



- Innovación y fortalecimiento tecnológico para los sectores productivos más expuestos a la contaminación por Mercurio.
- Involucrar a las comunidades afectadas y vulnerables en la formulación y concertación de medidas de prevención y atención del problema de la contaminación y posibles intoxicaciones.
- Articulación con instituciones o entidades internacionales con experiencia en diseño e implementación de programas para disminución de niveles de contaminación para generar acciones orientadas a la atención de la intoxicación aguda o crónica.

En general, las estrategias que se diseñen desde el componente de salud deben estar en la capacidad de asegurar la detección temprana y el manejo adecuado de los casos en las regiones priorizadas del país.

6.2. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN NACIONAL

De acuerdo con la revisión sistemática de literatura sobre el Mercurio, se logró identificar hasta el momento, que hay una gran concentración de estudios de tipo técnico, que se basan en mediciones de Mercurio, orientadas a determinar las cantidades presentes en agua, aire y un alimento particular, como el pescado. Por otra parte, existen algunas investigaciones que aportan valiosa información sobre algunos usos del Mercurio en Colombia, en especial para la minería y odontología, lo cual ha trazado un panorama general de las ocupaciones que están implicadas con el uso y riesgo de intoxicación por el manejo de Mercurio, sin que se agote el tema de qué otras esferas hacen uso de este elemento.

Desde esta perspectiva, el panorama actual del conocimiento alrededor de la problemática del Mercurio, deja abiertos múltiples interrogantes, que requieren mayor detalle de respuesta para ahondar en la comprensión de la problemática y proponer líneas de acción en correspondencia con las necesidades actuales.

Vale aclarar que al igual que las líneas de acción, este punto será trabajado en la segunda fase del proyecto, a continuación se exponen algunos puntos identificados en la revisión sistemática de literatura como, preguntas claves que deben resolverse, para profundizar en el conocimiento de la problemática que se está abordando.

- Estudios de uso de amalgamas dentales : extender los estudios que ya se han elaborado sobre usos de amalgamas en consultorios de espacios rurales, para evaluar si el manejo que se le da a este elemento, corresponde con las normas de seguridad y el nivel de riesgo de intoxicación al que están expuestas las personas que lo usan , así mismo estudios que incluyan el uso, manejo y gestión de residuos.
- Estudios de ubicación espacial: en los que se puedan identificar los factores de entrada y de distribución de liberaciones de Mercurio.
- Mayores cruces de información: enfocados a complementar el examen de Mercurio en orina, con análisis de cabello y cruzarlos con los resultados de monitoreos ambientales de Mercurio anuales.

- Desarrollar y fortalecer estudios en población trabajadora, población general y población vulnerable en zonas contaminadas por sustancias químicas, incluido el mercurio
- Desarrollar metodologías para la evaluación del impacto en salud de poblaciones en zonas contaminadas por sustancias químicas
- Fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica en salud pública, ocupacional
- Caracterización de las poblaciones afectadas: Este ejercicio requiere de la elaboración de estudios de diagnóstico dónde se evidencien las dinámicas socioeconómicas de las poblaciones, brindando atención especial a los patrones socioculturales que hacen parte de dicha dinámica, para poder generar planes de acción acordes con las necesidades e intereses de sus pobladores, sólo en este sentido, un plan de acción puede garantizar su sostenibilidad posteriormente a la intervención
- Investigaciones que integren la perspectiva socio-comunitaria en referencia con demandas ciudadanas e institucionales o de la sociedad civil, frente a la problemática ambiental y los efectos de la contaminación por Mercurio.
- Avanzar en la relación estadística efecto-exposición.
- Estudios que aclaren la relación de la contaminación por Mercurio con enfermedades cardiovasculares y el sistema inmunológico, urológico, renal etc. así como su relación con otros contaminantes.
- Estudios que identifiquen los factores que influyen en la absorción y toxicidad.
- Estudios sobre consumo de pescado que se crucen con las especies contaminadas.
- Identificación de los sectores productivos e industriales relacionados con esta problemática, para hacer un proceso de intervención que contenga la sensibilización y formulación de compromisos para mitigar los efectos del uso de Mercurio en sus sectores.

7. CONCLUSIONES

- De acuerdo con la revisión sistemática es posible concluir que existen suficientes evidencias científicas sobre los efectos adversos de las diferentes formas de mercurio en los sistemas biológicos, sus efectos sobre el entorno, como existen factores ligados al estilo de vida que amplifican sus efectos y las debilidades existentes del sistema de salud para enfrentar este reto
- No existe consenso científico sobre el efecto del mercurio (Metilmercurio) como perseverante en vacunas, así mismo no existe suficiente evidencia que confirme el efecto cancerígeno y teratogénico del mercurio elemental y los compuestos inorgánicos, como si están demostrados en los compuestos orgánicos
- Las medidas de control, prevención y promoción con respecto al mercurio, se esperan al mediano y largo plazo, en la medida que los actores involucrados se apropien de la problemática y se involucren en la solución.
- Los efectos en salud por exposición al mercurio están influenciados por la especie de mercurio, la ruta de exposición, dosis, y tiempo de exposición, estos factores hacen que se produzcan una gran variedad de síntomas y de efectos diversos en salud
- En lo que concierne a productos con contenido de mercurio, no existen hasta el momento normativas relacionadas con la importación y/o exportación de productos que contienen mercurio ni tampoco una normativa que regule el contenido de mercurio presente en ellas.
- Es necesario realizar un plan de acción de intervención intersectorial para abordar este problema integralmente
- Existen investigaciones en Colombia, cuya fortaleza radica en el recurso humano, ya que se cuenta con personal altamente calificado y con suficiente experiencia en la realización de investigaciones del tema. Esto se ve reflejado en la realización de investigaciones en diferentes poblaciones, lugares y con diferentes metodologías, las cuales son usadas con rigurosidad, tal es el caso de las mediciones ambientales y biológicas, capacitación del personal de campo para la creación del marco maestro o toma de información, entre otros.

- Las principales áreas de liberación de mercurio en el país se encuentran localizadas en las zonas donde se presenta la pequeña y mediana minería de oro, principalmente en el Bajo Cauca y nordeste de Antioquia (Remedios, Segovia, Bagre, Zaragoza, Cáceres, Caucasia), Condoto, Istmina y Lloró en el Departamento del Choco, sur de Bolívar (San Pablo, San Martín de Loba), sur de Córdoba (Monte Líbano, Ayapel) y en menor proporción en las zonas de Vetas y California en Santander, el Tambo y Suarez en el departamento del Cauca, en la zona del occidente de Nariño (distrito la Llanada, Guachavez, Sotomayor, Samaniego, Barbacoas), en Ginebra, Zaragoza en el Valle del Cauca, Vaupes (Taraira) y Guainia

8. RECOMENDACIONES

- Alentar a los hospitales locales y las instituciones del cuidado de la salud a eliminar gradualmente el uso de los productos con mercurio y reemplazarlos con productos equivalentes sin mercurio, esto con el propósito de fortalecer la estrategia de hospitales verdes.
- Sensibilizar y generar capacidades en los actores involucrados en la gestión de los procesos y productos con contenido de mercurio, en el correcto uso, manipulación, disposición y los riesgos asociados a la exposición de este elemento
- Promover en el personal médico la eliminación de los productos que contienen mercurio de sus consultorios y prácticas clínicas, entre los que se incluyen termómetros, tensiómetros, sondas gastrointestinales, baterías, lámparas, insumos eléctricos, termostatos, manómetros indicadores de la presión del gas, y otros reactivos y dispositivos de laboratorio
- Promover en la comunidad la eliminación de los productos que contienen mercurio de sus hogares y sitios de trabajo, entre los que se incluyen termómetros, baterías, lámparas, insumos eléctricos, termostatos, etc.
- Garantizar que los hospitales e instituciones de salud locales cuenten con un plan para identificar las fuentes de mercurio en los lugares de trabajo, un compromiso para reducir el uso de mercurio, y una política de manejo de mercurio que contemple reciclaje, disposición y educación
- Realizar campañas de educación en salud a nivel local y nacional en relación al consumo de pescado con el objeto de limitar la exposición al mercurio de niños y mujeres en edad fértil.
- Desarrollar opciones y planes de base científica sólida para el almacenamiento seguro a largo plazo del mercurio disponible.
- Fortalecer la información base del Inventario de Usos, Consumos y Emisiones de mercurio Elaborar la Cuantificación de liberaciones antropogénicas de Mercurio de acuerdo con el instrumental propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, nivel 2 que permita la toma de decisiones

- Realizar programas para educar a la población sobre los peligros del Mercurio, enfatizando los riesgos en la salud a corto y largo plazo, e informar a las entidades encargadas de la administración y la salud pública y salud ambiental para atender el problema en las comunidades expuestas.
- Revisar los criterios de calidad del agua, y mejorar la medición de mercurio en agua
- Debido a la falta de evidencia fuerte, se recomienda realizar más investigaciones de corte biológico para aclarar la asociación de la exposición a Mercurio con la ocurrencia de enfermedades cardiovasculares, neurológicas, renales y de alteraciones del sistema inmunológico. Así mismo resulta fundamental profundizar en el campo ambiental de manera que sea posible establecer tendencias espaciales, determinar interacción con otros contaminantes, y otros factores que influyen en la absorción y toxicidad del Mercurio.
- Identificar la población trabajadora y las posibles fuentes de contaminación por exposición ocupacional a metales pesados, priorizando la actividad minera
- Además del uso de los biomarcadores de control de Mercurio, se deben dirigir esfuerzos al monitoreo y vigilancia de personas expuestas y evaluación de efectos en eventos agudos y crónicos. Esto facilitará realizar diagnósticos tempranos, develando casos insospechados de intoxicación mercurial que no son detectados con el examen médico tradicional. Es el caso de las secuelas en la población infantil, producto de madres embarazadas expuestas a pequeñas dosis por largo tiempo, que no manifiestan signos ni síntomas clínicos muy evidentes aunque hayan sufrido genotoxicidad por Mercurio.
- Es necesario continuar con los programas para educar a la población sobre los peligros del Mercurio, enfatizando los riesgos en la salud a corto y largo plazo, e informar a las entidades encargadas de la administración y la salud pública y salud ambiental, como la Gobernación de Córdoba, la Secretaría de Desarrollo de la Salud y La Corporación Autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge sobre los impactos del Mercurio para atender el problema en estas comunidades, así como de la necesidad de que la población vulnerable tenga acceso a otras fuentes de proteínas diferentes al pescado.

- En futuras investigaciones se debe tener en cuenta la medición adecuada de consumo de pescado, ya que se encontró que se debe establecer la especie, frecuencia y cantidad de consumo. Adicionalmente, se recomienda tomar medidas en salud pública que sugiera el consumo prudente de determinadas especies de peces, debido a que hay evidencia suficiente de efectos neurológicos, pese a que aun haya incertidumbres al respecto. Se sugiere que esta temática sea objeto de profundización en la próxima Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en el país
- Por otro lado, desde el ámbito de la salud pública es fundamental fortalecer la capacitación al talento humano en salud frente a la vigilancia de intoxicaciones crónicas, diagnóstico precoz, tratamiento oportuno y rehabilitación de pacientes con efectos negativos en salud como consecuencia de la exposición a mercurio.
- Específicamente, respecto a los sistemas de vigilancia es necesario implementar estrategias de monitoreo de las personas que han sido expuestas a las diferentes formas de mercurio tanto de manera aguda como crónica siendo más oportunos, precisos y exhaustivos en la descripción de los síntomas.
- En la revisión de los estudios realizados en Colombia, la mayor debilidad de se debe a la selección del tipo de estudio, ya que en la mayoría de ellos se ha escogido un enfoque descriptivo transversal, el cual a pesar de dar indicios de la problemática del lugar, su fácil aplicación y costo, tiene poca capacidad de inferencial. Dado lo anterior se recomienda estudios con direccionalidad tales como casos y controles o cohortes.
- Es fundamental fortalecer la vigilancia de la salud (en términos de la definición y aplicación de instrumentos de notificación de casos; establecimiento de los sistemas de información; percepción y comunicación de riesgos)
- Capacitación del personal sanitario que ejerce sus funciones en comunidades de mineros artesanales en materia de Toxicología. Hasta el momento se considera que la formación de base tiene algunas deficiencias lo que conlleva diagnósticos erróneos y derivación de pacientes a niveles de atención más complejos.

- En sintonía con lo anterior, es fundamental la elaboración de herramientas diagnósticas (protocolos) orientadas a la prevención de intoxicaciones crónicas por mercurio.
- Fortalecer la atención en salud (establecimiento de protocolos de diagnóstico y manejo clínico). Dicha atención debe tener la capacidad de discriminar el riesgo de acuerdo con las características de los diferentes grupos poblacionales (población trabajadora, población vulnerable y población general)
- Establecimiento de sistemas de georreferenciación: una primera necesidad que se expresa para actuar en torno a la problemática del Mercurio tiene que ver con la elaboración de mapas a nivel local, regional y nacional, en los que se detalle: los reportes por intoxicación, las vías de intoxicación, alcances del riesgo por contaminación (geográficamente), actividades económicas de las zonas afectadas, priorización de zonas afectadas, consumos de las zonas.
- Es prioritaria la implementación de programas de tratamiento y disposición final segura de desechos con contenido de Mercurio.
- Desarrollar y fortalecer estudios en población trabajadora, población general y población vulnerable en zonas contaminadas por sustancias químicas, incluido el mercurio

REFERENCIAS

1. Berglund M, Elinder C-G, Järup L. Human exposure assessment. An introduction. Organization WHH, editor: Taylor & Francis Group; 2001.
2. Olivero J, Mendoza C, Mestre J. Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el Norte de Colombia. *Saúde Pública*. 1995;29(5):376-9.
3. PNUMA. Módulo 3: El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala. 2008.
4. PNUMA. Evaluación mundial sobre el mercurio. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente - productos químicos, 2005.
5. Comunidad Europea. Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo: Estrategia comunitaria sobre el Mercurio. Bruselas: 2005.
6. Español S. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. Jornada internacional sobre el impacto ambiental del mercurio utilizado por la minería aurífera artesanal en Iberoamérica; Lima, Perú2001.
7. Chen CY, Serrell N, Evers DC, Fleishman BJ, Lambert KF, Weiss J, et al. Meeting Report: Methylmercury in Marine Ecosystems--From Sources to Seafood Consumers. *Environmental Health Perspectives*. 2008;116(12):1706-12.
8. Jhonson C. Mercury in the environment: sources, toxicity and prevention of exposure. *Pediatric annals*. 2004;33(7):437 - 42.
9. Karagas MR, Choi AL, Oken E, Horvat M, Schoeny R, Kamai E, et al. Evidence on the Human Health Effects of Low-Level Methylmercury Exposure. *Environmental Health Perspectives*. 2012;120(6):799-806.
10. Hodgson E. A text book of modern toxicology, third edition. Interscience W-, editor. North Caroline State University: Wiley - Interscience; 2008.
11. Poulin J, Gibb H. Mercury: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva: World Health Organization (WHO) Public Health and the Environment, 2008 Contract No.: 16.
12. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry: Internacional research investigation agency. p. 325.
13. Weinberg J. Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG. In: (IPEN)
14. Defensoría del Pueblo de Colombia. Minería de hecho en Colombia. Diciembre de 2010.
15. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Universidad de Antioquia. Cuantificación de liberaciones antropogénicas de mercurio en Colombia. 2010.
16. CORANTIOQUIA. Ejecución de tres procesos ciudadanos de educación ambiental PROCEDA con tres públicos: distrito minero de Segovia, Remedios, Mesas ambientales y DMI del río Alicante. 2010.

17. Álvarez Fermín LA, Rojas LA. Contenido de mercurio total en peces de consumo habitual en los asentamientos indígenas el plomo y el casabe - Estado Bolívar Total mercury content in common consumption fish in indigenous settlements El Plomo and El Casabe-Bolívar State. 2009:097-102.
18. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Universidad de Antioquia Contaminación. Cuantificación de liberaciones antropogénicas de mercurio en Colombia. 2010.
19. Pineault R. The place of prevention in the Québec health care system. Canadian Journal of Public Health. 1984;75:92 - 7.
20. Pineault R, Daveluy C. La planificación sanitaria. Conceptos, métodos y estrategias. Tercera edición ed. 2008, editor. Barcelona.
21. MacMahon B, Pugh T. Epidemiology: principles and methods. Boston: Little Brown and Co.; 1970.
22. Gielen A, McDonald E. Using the precede-proceed model planning model to apply health behaviour theories in health theories, in Health Behaviour Education and Health Education: theory, research and practice. editors L, editor. San Francisco 2002.
23. McKenzie J, Neiger B, Smeltzer J. Planning, implementing and evaluation health promotion programs. Boston: Pearson - Cummings; 2005.
24. Garcia R, Suárez R. La aplicación de teorías y técnicas de las ciencias sociales a la promoción de la salud. Revista panamericana de salud pública. 1998;4:142 - 8.
25. Akobenk A. Understanding systematic reviews and meta-analysis. Archives in disease and childhood. 2005;90:845 - 8.
26. Schlesselman J, Collins J. Evaluating systematic reviews and meta-analysis. Seminars in reproductive medicine. 2003;21(1):96 - 106.
27. VonElm E, Altman D, Egger M. Strengthening the report of observational studies in epidemiology. Gaceta Sanitaria. 2008;22(2):144 - 50.
28. Oxman A, GH G. User's guide to medical literature. How to use an overview. JAMA. 1994;272(17):1367 - 71.
29. Simon H, A N. Planning methods for health and related organizations. Toronto: Jhon Wiley; 1984.
30. Español S. Toxicología del Mercurio, seminario internacional sobre la toxicología del mercurio. Universidad Nacional de Colombia 2006.
31. Arana-Zegarra M. Choropampa case: Mercury spill and damage to health in rural exposed population. El caso del derrame de mercurio en choropampa y los daños a la salud en la población rural expuesta. 2009;26(1):113-8.
32. US Environment Protection Agency EPA. Water Quality Criterion for the Protection of Human Health: Methylmercury. In: Technology OoSa, editor. Washington 2001.
33. Gutierrez M. Diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por mercurio: Universidad Nacional de Colombia; 2010.
34. Baker J. Mercury, Vaccines, and Autism. One Controversy, Three Histories. American Journal of Public Health. 2008;98(2):244-53.
35. Thimerosal in vaccines. US Food and Drug Administration, 2010.

36. Dórea J. Making sense of epidemiological studies of young children exposed to thimerosal in vaccines. *Clinica chimica acta*. 2010;411(21):1580 - 6.
37. Heron J, Golding J. Thimerosal exposure in infants and development disorders: a prospective cohort study in the UK does not support a causal association. *Pediatrics*. 2004;114:577 - 83.
38. Global advisory committee on vaccine safety. Statement on thiomersal. World Health Organization (OMS), 2006.
39. Ball LK, Ball R, Pratt RD. An assessment of thimerosal use in childhood vaccines. *Pediatrics*. 2001;107(5):1147-54.
40. Defensoría del Pueblo. La minería de hecho en Colombia. Diciembre 2010.
41. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA. Evaluación Mundial sobre el Mercurio. Ginebra, Suiza Diciembre 2002.
42. Oliverio Verbel J, Johnson B. Mercurio en la Costa Atlántica Colombiana: Factor limitante del desarrollo. Seminario internacional sobre clínica del mercurio 2003.
43. Ruiz J, Sanchez H, Parra C. Medición de las concentraciones de mercurio y controles ambientales en la quema de amalgamas provenientes de la minería. Seminario internacional sobre clínica del mercurio 2006.
44. Veiga M. Antioquia, Colombia: the world's most polluted place by mercury: impressions for two field trips. United Nations Industrial Development Organization UNIDO: University of British Columbia; 2010
45. Alerta nacional, Advertencia sobre patrones continuados de exposición a mercurio. 1999.
46. Holmes P, James K, Levy L. Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health?. *Science of the Total Environment*. 2009;408:171-82.
47. World Health Organization WHO. Children's exposure to mercury compounds. Ginebra, Suiza 2010.
48. Idrobo A, Manotas L, Silva E, Ortiz J. Niveles de mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Oriniquía - Colombia). *Biomédica*. 2001;21(2):134 - 41.
49. Lee R, Middleton D, Caldwell K, al. e. A review of events that expose children to elemental mercury in the United States. *Environmental health perspectives*. 2009;117(6):871-8.
50. Instituto Nacional de Salud INS. Protocolo de vigilancia y control de la intoxicación por mercurio (Documento preliminar sujeto a cambios). Junio 2012.
51. Instituto Nacional de Salud INS. Protocolo de la vigilancia de la intoxicación por mercurio.
52. Límites "admisibles" de mercurio 2012. Available from: <http://www.mercuriados.org/es/pag115>.
53. Organización Panamericana de la Salud OPS. Cooperación Técnica Entre Brasil, Bolivia Y Colombia: Teoría y Práctica para el Fortalecimiento de la Vigilancia de la Salud de Poblaciones Expuestas a Mercurio. Primera ed. La Paz, Bolivia 2011.
54. Axtell CD, Cox C, Myers GJ, Davidson PW, al e. Association between methylmercury exposure from fish consumption and child development at five and a half

- years pf age in the Seychelles child development study: an evaluation of nonlinear relationships. *Environ Res Section A*. 2000;84:71-80.
55. Bates MN, Fawcett J, Garrett N, Cutress T, Kjellstrom T. Health effects of dental amalgam exposure: a retrospective cohort study. *International Journal of Epidemiology*. 2004 August 1, 2004;33(4):894-902.
56. Knobeloch L, Tomasallo C, Anderson H. Biomonitoring as an Intervention Against Methylmercury Exposure. In: Services WDoH, editor. *Public Health Reports* Junio-Agosto 2011. p. 568-74.
57. Axelrad D, Bellinger D, Ryan L, Woodruff T. Dose-Response relationship of prenatal mercury exposure and IQ: An integrative analysis of epidemiologic data. *Environmental health perspectives*. 2007;115(4):609-15.
58. Pradilla G, Vega E, Gamboa N. Estudio neuroepidemiológico y neurotoxicológico de una población minera con exposición crónica al mercurio. *Seminario internacional sobre clínica del mercurio* 1991.
59. Sandoval Y. Determinación de alteraciones neurocomportamentales em personas adultas expuestas crónicamente a mercurio en la población de Segovia, Antioquia 2005. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia; 2005.
60. Klautau-Guimarães, D'Ascensão R, Caldart FA, Grisolia CK, Souza JRd, Barbosa AC, et al. Analysis of genetic susceptibility to mercury contamination evaluated through molecular biomarkers in at-risk Amazon Amerindian populations. 2005:827-32. en.
61. Counter SA, Buchanan G, al. e. Blood mercury and auditory neurosensory responses in children and adults in the Nambija gold mining of Ecuador. *Neurotoxicology*. 1998;19(2):185-96.
62. Birosack BJ, Fiore AE, Fasano N, Fineis P, Collins MP, Stoltman G. Impact of the thimerosal controversy on hepatitis B vaccine coverage of infants born to women of unknown hepatitis B surface antigen status in Michigan. *Pediatrics*. 2003;111(6 Pt 1):e645-9.
63. Legrand M, Feeley M, Tikhonov C, Schoen D, Li-Muller A. Methylmercury Blood Guidance Values for Canada. *Canadian Journal of Public Health-Revue Canadienne De Sante Publique*. 2010 Jan-Feb;101(1):28-31.
64. Barbieri FL, Gardon J. Hair mercury levels in Amazonian populations: spatial distribution and trends. *International Journal of Health Geographics*. 2009 Dec;8.
65. Oliverio Verbel J, Johnson B. Mercurio en la Costa Atlantica Colombiana: Factor limitante del desarrollo. *Seminario internacional sobre clinica del mercurio* 2002.
66. Dorea J. Mercury and lead during breast-feeding. *British Journal of Nutrition*. 2004;92:21-40.
67. Choi AL, Weihe P, Budtz-Jørgensen E, Jørgensen PJ, Salonen JT, Tuomainen T-P, et al. Methylmercury Exposure and Adverse Cardiovascular Effects in Faroese Whaling Men. *Environmental Health Perspectives*. 2009;117(3):367-72.
68. Grandjean P, Budtz-Jørgensen E, Jørgensen PJ, Weihe P. Umbilical Cord Mercury Concentration as Biomarker of Prenatal Exposure to Methylmercury. *Environmental Health Perspectives*. 2005;113(7):905-8.

69. Crump K, Van Landingham C, Shamlaye C, Cox C, Davidson P, Myers G, et al. Benchmark Concentrations for Methylmercury Obtained from the Seychelles Child Development Study. *Environmental Health Perspectives*. Marzo 2000;108(3):257-63.
70. Budtz-Jørgensen E, Grandjean P, Keiding N, White R, Weihe P. Benchmark dose calculations of methylmercury-associated neurobehavioural deficits. *Toxicology Letters*. 2000;193-9.
71. Wijngaarden Ev, Beck C, Shamlaye C, Cernichiari E, Davidson P, Myers G, et al. Benchmark concentrations for methyl mercury obtained from the 9-year follow-up of the Seychelles Child Development Study. *NeuroToxicology*. 2006;27:702-9.
72. Davidson PW, Myers GJ, C. C, al. e. Effects of prenatal and postnatal methylmercury exposure from fish consumption on neurodevelopment: Outcomes at 66 months of age in the Seychelles child development study. *JAMA*. 1998;280:701-7.
73. Palumbo DR, Cox C, Davidson PW, Myers GJ, al. e. Association between prenatal exposure to methylmercury and cognitive functioning in Seychellois children : a reanalysis of the McCarthy Scales of Children's Ability from the main cohort study. *Environ Res Section A*. 2000;84:81-8.
74. Mergler D, Anderson H, Mahaffey K, al. e. Methylmercury exposure and health effects in humans: A worldwide concern. *Royal swedish academy of sciences*. 2007;36(1):3-11.
75. Jones L, Parker JD, Mendola P. Blood lead and mercury levels in pregnant women in the United States, 2003-2008. *NCHS data brief*. 2010 (52):1-8.
76. Tomoko O, Sakamoto M, Kurosawa T, Dakeishi M, Iwata T, Murata K. Total mercury levels in hair, toenail, and urine among women free from occupational exposure and their relations to renal tubular function. *Environmental research*. 2007;103:191-7.
77. Marsh DO, Turner MD, Smith JC, al. e. Fetal methylmercury study in a Peruvian fish-eating population. *Neurotoxicology*. 1995;16(4):716-26.
78. Idrovo A, Manotas L, Villamil G, al. e. Niveles de mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Orinoquía colombiana). *Biomédica*. 2001;21(002):134-41.
79. Pirrone N, Munthe, J., Barregård, L., Ehrlich, H.C., Petersen, G., Fernandez, R., Hansen, J.C., Grandjean, P., Horvat, M., Steinnes, E., Ahrens R, Pacyna, J.M., Borowiak, A., Boffetta, P. and Wichmann-Fiebig, M. Ambient Air Pollution by Mercury (Hg). Position Paper,. Belgium: European Communities,; 2002. p. 218.
80. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Evaluación mundial sobre el mercurio. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente - productos quimicos, 2005.
81. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en América Latina y el Caribe del comercio de productos que contienen Cadmio, Plomo y Mercurio,. 2010. p. 200.
82. Higuera P, Oyarzun R, Biester H, Lillo J, Lorenzo S. A first insight into mercury distribution and speciation in soils from the Almaden mining district, Spain. *Journal of Geochemical Exploration*. 2003 Aug;80(1):95-104. PubMed PMID: WOS:000184518400008.

83. Rojas L PJ, Noriegan J, Albornoz LA, Hidalgo B, Ramírez A. Determinación de mercurio en suelos del sector minero las Claritas, Estado Bolívar, mediante procesos analíticos de Especiación y Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. 2008;20(3):343-52.
84. Santos E, Ramírez M, Gavilán I, Castro J, Gavilán A, Rosiles R, et al. Analysis of Arsenic, Lead and Mercury in farming areas with mining contaminated soils at Zacatecas, México. Journal of the Mexican Chemical Society. 2006;50(2):57-63.
85. Vidal JV, Marrugo JL, Jaramillo B, Pérez LM. Remediación de suelos contaminados con Mercurio utilizando guarumo (*Cecropia peltata*). Ingeniería y Desarrollo. 2010 (27):113-29.
86. Lutter R, Irwin E. Mercury in the environment, a volatile problem. Environment. 2002;44(9):24 - 40.
87. Food and Agriculture Organization FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma: 2010.
88. Food and Agriculture Organization FAO. Food standards programme committee on contaminants in food. 2012.
89. Castilhos ZC, Rodrigues-Filho S, Rodrigues APC, Villas-Bôas RC, Siegel S, Veiga MM, et al. Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. The Science of the total environment. 2006;368(1):320-5.
90. Agusa T, Kunito T, Iwata H, Monirith I, Tana TS, Subramanian A, et al. Mercury contamination in human hair and fish from Cambodia: levels, specific accumulation and risk assessment. Environmental pollution (Barking, Essex : 1987). 2005;134(1):79-86.
91. Fei X, Holzman C, Rahbar MH, Trosko K, Fischer L. Maternal Fish Consumption, Mercury Levels, and Risk of Preterm Delivery. Environmental Health Perspectives. 2007;115(1):42-7.
92. Sánchez J. Evaluación de la concentración de mercurio en diversas marcas de atún enlatado comercializados en la ciudad de Cartagena de Indias: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
93. Gracia H L, Marrugo N JL, Alvis R EM. Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009
Mercury contamination in humans and fishes in the municipality of Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009. 2010:118-24. PubMed PMID: art-S0120-386X2010000200003. es.
94. Mancera-RodriGuez NJ, Álvarez-LeÓN R. Estado Del Conocimiento De Las Concentraciones De Mercurio Y Otros Metales Pesados En Peces Dulceacuícolas De Colombia 2006:3-23. es.
95. Álvarez Fermín LA, Rojas LA. Contenido de mercurio total en peces de consumo habitual en los asentamientos indígenas el plomo y el casabe - Estado Bolívar 2009:097-102. es.
96. Brabo EdS, Santos EdO, Jesus IMd, Mascarenhas AF, Faial KF. Níveis de mercúrio em peixes consumidos pela comunidade indígena de Sai Cinza na Reserva Munduruku, Município de Jacareacanga, Estado do Pará, Brasil 1999:325-32.

97. Cheng HF, Hu YN. Understanding the Paradox of Mercury Pollution in China: High Concentrations in Environmental Matrix yet Low Levels in Fish on the Market. *Environmental Science & Technology*. 2012 May;46(9):4695-6.
98. Endo T, Hotta Y, Haraguchi K, Sakata M. Mercury contamination in the red meat of whales and dolphins marketed for human consumption in Japan. *Environmental science & technology*. 2003;37(12):2681-5.
99. Díaz S O, Encina M F, Recabarren G E, Del Valle C S, Pastene O R, Montes S S, et al. Estudio De La Concentración De Arsénico, Mercurio, Plomo Y Fenantreno En La Macha (*Mesodesma Donacium*): Implicancias Alimentarias Y Toxicológicas 2008:53-60.
100. Al-Tikriti K, Al-Mufti AW. An outbreak of organomercury poisoning among Iraqi farmers. *Bull World Health Organ*. 1976;53 Suppl:15-21. PubMed PMID: 1086163. Pubmed Central PMCID: PMC2366398. Epub 1976/01/01. eng.
101. Al-Damluji SF. Organomercury poisoning in Iraq: history prior to the 1971-72 outbreak. *Bull World Health Organ*. 1976;53 Suppl:11-3. PubMed PMID: 788949. Pubmed Central PMCID: PMC2366396. Epub 1976/01/01. eng.
102. González-Montaña JR. Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2009;22:305-10.
103. Green ADBKAHCCJW. Mercury Contamination in Turtles and Implications for Human Health. *Journal of Environmental Health*. 2010 06//;72(10):14. PubMed PMID: 50549981.
104. Ceballos-Fonseca C. Distribución De Playas De Anidación Y Áreas De Alimentación De Tortugas Marinas Y Sus Amenazas En El Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*. 2004;33:79-99.
105. Robillard S, Beauchamp G, Paillard G, Belanger D. Levels of cadmium, lead, mercury and (137)caesium in caribou (*Rangifer tarandus*) tissues from northern Quebec. *Arctic*. 2002 Mar;55(1):1-9.
106. Maćkiewicz D, Falandyisz J. - Total Mercury in Yellow Knights (*Tricholoma equestre*) Mushrooms and Beneath Soils. 2012;- 89(- 4). - English.
107. Burger J, Campbell KR, Murray S, Campbell TS, Gaines KF, Jeitner C, et al. Metal levels in blood, muscle and liver of water snakes (*Nerodia spp.*) from New Jersey, Tennessee and South Carolina. *Science of the Total Environment*. 2007 Feb;373(2-3):556-63.
108. Sullivan J, Krieger G. *Hazardous materials toxicology*. Williams and Wilkins; 1992.
109. Ferreira R. Recuperación de mercurio en residuos de amalgamas en odontología. *Ciencia y salud colectiva*. 2008;13(2).
110. Bast - Pettersen R, Ellingsen D, Efskind J, Thomassen Y. A neurobehavioral study of chloroalkali workers after cessation of exposure to mercury vapor. *Neurotoxicology*. 2005;26(3):427 - 37.
111. Canto-Pereira L, Lago M, Costa M, Rodrigues A, Saito C, Silveira L, et al. Visual impairment on dentist related to occupational mercury exposure. *Environmental toxicology and pharmacology*. 2005;19(3):527 - 2.

112. Sletvold H, Svendsen K, Ass O, Syversen T, Hilt V. Neuropsychologic function and past exposure to metallic mercury in female dental workers. *Scandinavian journal of psychology*. 2012;53:136 - 43.
113. Jones L, Bunell J, Stillman J. A 30-year follow-up of residual effects on New Zealand school dental nurses from occupational mercury exposure. *Human and experimental toxicology*. 2007;26(4):367-74.
114. Garcia M, Caballero J, Boffeta P, Español S, Gómez J. Exposure to mercury in the mine of Almadén. *Occupational Environmental Medicine*. 2007;64(6):389 - 95.
115. Rojas M, Guevara H, Rincon R, Rodriguez M, Olivet C. Exposición ocupacional y efectos en la salud del mercurio metálico entre odontólogos y asistentes dentales: un estudio preliminar. *Acta científica venezolana*. 2000;51:32 - 8.
116. Carrasquero-Durán A. Mercury contamination of workers of gold processing centres at El Callao, Venezuela. 2006:91-100. en.
117. Engle M, Fernández L, Kariher P, Ryan J, Whitfield C. Caracterización de las emisiones de mercurio en tiendas de compra de oro en los departamentos de Madre de Dios y Puno (Perú). Puno, Perú: United States Environmental Protection Agency; 2011.
118. Zavariz C, Glina D. Efeitos da exposicao ocupacional ao mercúrio em trabalhadores de uma indústria de lampadas elétricas localizada em Santo Amaro, Sao Paulo, Brasil. *Cad Saude Pública*. 1993;93(2):117-9.
119. Frumkin H, Letz R, Williams PL, Gerr F, Pierce M, Sanders A, et al. Health effects of long-term mercury exposure among chloralkali plant workers. *American Journal of Industrial Medicine*. 2001 Jan;39(1):1-18.
120. Neghab M, Norouzi MA, Choobineh A, Kardaniyan MR, Zadeh JH. Health Effects Associated With Long-Term Occupational Exposure of Employees of a Chlor-Alkali Plant to Mercury. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2012;18(1):97-106.
121. Tirado V, Garcia J, Moreno L, Galeano F, Lopera F, Franco A. Alteraciones neuropsicológicas por exposición ocupacional a vapores de mercurio en El Bagre (Antioquia, Colombia). *Revista de Neurología*. 2000;31(8):712 - 6.
122. Ruiz C JA, Pérez R JI, Gómez M GJ, Carmona ME, Zapata LA, Carmona C R. Riesgo en el manejo de la amalgama dental en las entidades odontológicas medianas y pequeñas en el departamento de Antioquia, Colombia Risk in the management of dental amalgam in dental medium and small entities in the department of Antioquia, Colombia. 2009:187-97.
123. Ramirez A. Intoxicación ocupacional por Mercurio. *Ann Fac Med*. 2008;69(1):46 - 51.
124. Ruiz Córdoba J, Carmona R, Gómez GJ, Muñoz JA. Tecnología Limpia Aplicada Al Tratamiento Y Aprovechamiento De Residuos De Amalgama Dental. *Luna Azul*. 2008:80-6.
125. Mumtaz R, Ali Khan A, Noor N, Humayun S. Amalgam use and waste management by Pakistani dentists: an environmental perspective. *East Mediterr Health J*. 2010 Mar;16(3):334-9.

126. Nazar MW, Pordeus IA, Werneck MAF. Gerenciamento de resíduos sólidos de odontologia em postos de saúde da rede municipal de Belo Horizonte, Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 2005;17:237-42.
127. Arrázola A. Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena Colombia. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
128. Sánchez JM. Evaluación de la concentración de mercurio en diversas marcas de atún enlatado comercializadas en la ciudad de Cartagena de Indias. Cartagena de Indias, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Convenio Universidad de Cartagena; 2011.
129. Olivero-Verbel J, Johnson-Restrepo B, Baldiris-Avila R, Guette-Fernandez J, Magallanes-Carreazo E, Vanegas-Ramirez L, et al. Human and crab exposure to mercury in the Caribbean coastal shoreline of Colombia: Impact from an abandoned chlor-alkali plant. *Environment International*. 2008 May;34(4):476-82.
130. Marrugo-Negrete J, Benitez LN, Olivero-Verbel J. Distribution of mercury in several environmental compartments in an aquatic ecosystem impacted by gold mining in northern Colombia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2008 Aug;55(2):305-16.
131. Sandoval Y. Determinación de alteraciones neurocomportamentales em personas adultas expuestas crónicamente a mercurio en la población de Segovia, Antioquia 2005. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia; 2006.
132. Ruiz C JA, Pérez R JI, Gómez M GJ, Carmona ME, Zapata LA, Carmona C R. Riesgo en el manejo de la amalgama dental en las entidades odontológicas medianas y pequeñas en el departamento de Antioquia. 2009:187-97.
133. Moreno J. Alteraciones comportamentales y de personalidad debido a la exposición ocupacional a Mercurio en un grupo de mineros del oro de la region del Bagre Antioquia. Medellín: Universidad CES; 2008.
134. Ruiz J, Gómez G, Durán C, al. e. Contribución de las condiciones locativas y ambientales al riesgo de contaminación con mercurio en las entidades odontológicas de Antioquia. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*. 2008;26(2):164-8.
135. Escobar JD, Escobar C, Colimon K, Molano M. Diagnóstico de los niveles de Mercurio en empleados y estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, 1999. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*. 2001;12(2).
136. Vargas M, Quiroz C. Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental, Colombia, 2008-2009. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 2011;29(4):461-8.
137. Ruiz J, Parra C, Sánchez H, al. e. Manejo de la amalgama dental en consultorios odontológicos pequeños y medianos de Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta y Bello. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 2005;23(1).
138. Machado L, Ospina J, Henao H, Marín F. Problemática ambiental ocasionada por el Mercurio proveniente de la minería aurífera tradicional, en el corregimiento de Providencia, Antioquia. Medellín: Universos de Antioquia; 2010.

139. Madero A, Marrugo J. Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los ríos Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*. 2011;16(1):2391-404.
140. Gracia H L, Marrugo N JL, Alvis R EM. Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009. 2010:118-24.
141. Marrugo J, Lans E, Benítez L. Hallazgo de Mercurio en peces de la ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*. 2007;12(1):878-86.
142. Combariza DA. Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de Plomo, Mercurio y Cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibaté (Cundinamarca) 2007. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2009.
143. Alvarez S, Kolok AS, Jimenez LF, Granados C, Palacio JA. Mercury Concentrations in Muscle and Liver Tissue of Fish from Marshes Along the Magdalena River, Colombia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2012 Oct;89(4):836-40.
144. Alvarez S, Jessick A, Palacio J, Kolok A. Methylmercury concentrations in six fish species from two Colombian rivers. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2012;88:65-8.
145. Mancera-Rodríguez NJ, Álvarez-León R. Estado del conocimiento de las concentraciones de Mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. 2006:3-23.
146. Marrugo-Negrete J, Verbel JO, Ceballos EL, Benitez LN. Total mercury and methylmercury concentrations in fish from the Mojana region of Colombia. *Environmental Geochemistry and Health*. 2008 Feb;30(1):21-30.
147. Ceballos-Fonseca C. Distribución de playas de anidación y áreas de alimentación de tortugas marinas y sus amenazas en el Caribe. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*. 2004;33:79-99.
148. Cuantificación de liberaciones antropogénicas de mercurio en Colombia. Medellín - Colombia: Universidad de Antioquia, 2012.
149. Economía y producción de Marmato marmato-caldas.gov.co/nuestromunicipio.shtml.
150. Corponariño. Proyecto implementación y fortalecimiento de tecnologías limpias en la minería del oro del distrito minero de la Llanada. Cartilla de resultados. Centro ambiental minero Sotomayor, 2009.
151. Ramirez J. Recuperación de mercurio a partir de efluentes sólidos de amalgamación y cianuración en el nordeste antioqueño: Universidad Nacional de Colombia; 2005.
152. Contreras R, Pinzón J. Propuesta del manejo integrado del mercurio en el proceso de amalgamación en Vetas y California (departamento de Santander - Colombia). 2001.
153. Hincapié U. Diagnóstico para la implementación de sistemas de gestión ambiental en el distrito minero de Segovia - Remedios. Gobernación de Antioquia, 2006.
154. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA. Informe del comité intergubernamental de negociación encargado de elaborar un instrumento jurídicamente vinculante a nivel mundial sobre el mercurio acerca de la labor realizada en su primer período de sesiones. Junio 2010.

155. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA. Conceptos, procedimientos y mecanismos fundamentales de acuerdos ambientales multilaterales jurídicamente vinculantes que podrían ser pertinentes para lograr el cumplimiento en el marco del futuro instrumento sobre el mercurio. Junio 2010.
156. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA. Análisis de los costos en función de los beneficios de las alternativas existentes para los productos, los procesos y las tecnologías que se basan en el mercurio. Octubre 2010.
157. Comunidad Europea. Comunicación de la comisión al Parlamento Europeo y al Consejo relativa a la Revisión de la Estrategia Comunitaria sobre el Mercurio. Bruselas: 2010.
158. Organización del tratado de cooperación amazónica, Ministerio de Medio Ambiente de Brasil. Plan de Acción Regional para la Prevención y el Control de la Contaminación por Mercurio en los Ecosistemas Amazónicos. In: Brasilia PRdMAdDdEdIEUDIEAe, editor. 2006.
159. US Environment Protection Agency. Demostración tecnológica para reducción de las emisiones de mercurio en las pequeñas refinerías de oro. 2008.
160. Fernández L. Control y captura del mercurio en la extracción y refinería de oro artesanal. Argonne National Laboratory U.S. Environmental Protection Agency, 2009.
161. Ministerio de Minas, Unidad de Planeación Minero Energética UPME, Universidad Nacional. Plan Nacional de Gestión de Riesgos del Mercurio. 2008.
162. Secretaría seccional de salud y protección social - Antioquia. Diagnóstico y Situación de Salud en el Departamento de Antioquia. In: Antioquia, editor. 2010.
163. Ministerio de Minas, Unidad de Planeación Minero Energética UPME, Universidad Nacional. Alteraciones neurocomportamentales en personas expuestas a Mercurio en la actividad minera del oro en el municipio de Segovia (Antioquia) 2006. Bogotá D.C. 2006.
164. Secretaría seccional de salud y protección social - Antioquia. Informe de Gestión, Línea 2. Desarrollo Social, Salud. Enero de 2008 - Diciembre de 2011
165. Organización Mundial de la Salud Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente. El mercurio en el sector salud. Documento de política. Ginebra, Suiza. 2005. p. 3.
166. Salud sin Daño. Guía para la eliminación del mercurio en establecimientos de salud. Ciudad de Buenos Aires, Argentina. 2010. p. 43.
167. Organización Mundial de la Salud, Salud sin Daño. Hospitales saludables planeta saludable personas saludables. Abordando el cambio climático en los establecimientos de salud. Borrador de discusión. Ginebra. Suiza. 2009. p. 33.
168. Fundación Hospitalaria San Vicente de Paul. El primer hospital verde de Colombia Antioquia: <http://www.sanvicentefundacion.com/centros-especializados/centros-especializados-de-san-vicente-fundacion-en-rionegro>; 2011 [cited 2012 octubre].
169. Rueda EA. Un Premio Internacional Ambiental para la Corporación Autónoma Regional de la meseta de Bucaramanga, Periódico Vanguardia Liberal 2010. Available from: <http://www.vanguardia.com/historico/82394-un-premio-internacional-ambiental-para-la-cdmb>.

170. Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. 10 empresas de Salud reconocidas con el galardón "Hospital verde" 2012 [cited 2012 Octubre]. Available from: <http://www.cdmb.gov.co/web/index.php/noticias-principales/1-ultimas/1105-10-empresas-de-salud-reconocidas-con-el-galardon-hospital-verde.html>.
171. Organización Mundial de la Salud. Reemplazo de los termómetros y de los tensiómetros de mercurio en la atención de salud. Guía técnica. Jo Anna M. Shimek, Jorge Emmanuel, Peter Orris e Yves Chartier. ed. Ginebra, Suiza.2011. p. 60.
172. Hospital de Clinicas, Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, CIAT, Red de Centros, Basel Convention, UNEP, et al. Estudio piloto sobre Mercurio en salud realizado en el Hospital Universitario. Uruguay2011. p. 113.
173. Ministerio de Minas y Energía. Producción mas limpia en la minería del oro en Colombia: Mercurio, Cianuro y otras sustancias. Unidad de Planeación Minero Energética; 2007.
174. García O, Molina J. Introducción de tecnologías más limpias en la minería y la extracción del oro artesanales, en el nordeste antioqueño y bajo cauca antioqueño, Colombia. Patrimonio Geominero, Geología y Minería Ambiental de Bolivia. 2010.
175. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Gestión del ministerio de ambiente en el tema de minería y desarrollo sostenible 2012.
176. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia: Teoría y Práctica para el Fortalecimiento de la Vigilancia de la Salud de Poblaciones Expuestas a Mercurio. Primera ed. La Paz, Bolivia.2011.
177. Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. Plan de trabajo de vigilancia y control de riesgos por exposición ocupacional a metales pesados. Perú2012. p. 13.
178. Ministerio de Salud y Protección Social. Decreto 3518 de 2006. Bogotá D.C.2006.
179. Instituto Nacional de Salud. Boletín de intoxicaciones por sustancias químicas. 2012.
180. Ministerio de la protección social, Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Resolución 2115 de 2007. 2007.
181. Departamento Nacional de Planeación. Lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química CONPES 3550. 2008.

PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS

- Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos
<http://www.epa.gov/mercury/>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Redirect Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Redirect
<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts46.html>.

- Organización Mundial de la Salud :<http://www.who.int/es/>
- Proyecto global mercurio:
http://www.globalmercuryproject.org/front_page.htm
- Proyecto Mercurio Colombia:
proyctomercuriocolombia.com/mercurio/INICIO.html.
- Programa de las Naciones unidas para el Medio Ambiente:
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/tabid/434/Default.aspx>.
- Política de mercurio <http://mercurypolicy.org/>.
- <http://www.zeromercury.org/>
- <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/envIRON/merc-eng.php>
- Ministerio de Salud y Protección Social Colombia <http://www.minsalud.gov.co/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia
<http://www.minambiente.gov.co>
- Corporación Autónoma Regional del Valle <http://www.cvc.gov.co/>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca <http://www.car.gov.co>

ANEXOS

ANEXO I. NORMATIVIDAD

| <u>SALUD PUBLICA</u> | | |
|---|---|--------------------------------------|
| AGUA PARA CONSUMO HUMANO | | |
| <u>Resolución 2115 del 22 de Junio de 2007, Artículo 5.</u> | | |
| Las características químicas del agua para consumo humano. valores máximos aceptables para Mercurio = 0.001 mg Hg/L. | | |
| CONSUMO HUMANO DE PESCADO | | |
| <u>Resolución 776 marzo 3 de 2008</u> , "Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano". | | |
| Mercurio Hg | 0.50 (1) para otras especies de la pesca 1.00 (2) Bonito y atún. | |
| <p>(1) Si el pescado está destinado a ser consumido entero, el contenido máximo se aplicará al pescado entero.</p> <p>(2) Crustáceos, excluida la carne oscura del cangrejo, así como la cabeza y el tórax de la langosta y de crustáceos similares de gran tamaño (Nephropidae y Palinuridae).</p> | | |
| <u>Resolución 122 de 31 de enero 2012</u> , "Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 776 de 2008" | | |
| Requisito | Alimento | Límite Máximo (mg/kg peso fresco) |
| Mercurio Hg | 12.Productos de la pesca y carne de pescado (2) (3), excluidas las especies del numeral 13 de la presente tabla. El contenido máximo para los crustáceos se aplica a la carne de los apéndices y el abdomen (4). En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (<i>Brachyura</i> y <i>Anomura</i>), se aplica a la carne de los apéndices. | 0,5 |
| | 13. Carne de los siguientes pescados (2) (3): Rape (<i>Lophius species</i>) Perro del norte (<i>Anarhichas lupus</i>) Bonito (<i>Sarda sarda</i>) Anguila (<i>Anguilla species</i>) Reloj (<i>Hoplostethus species</i>) Cabezudo (<i>Coryphaenoides rupestris</i>) Fletán (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>) Rosada del Cabo (<i>Genypterus capensis</i>) Marlin (<i>Makaira species</i>) Gallo (<i>Lepidorhombus species</i>) Salmonete (<i>Mulfus species</i>) | 1.0 |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>Rosada chilena (<i>Genypterus blacodes</i>) Lucio (<i>Esox lucius</i>) Tasarte (<i>Orcynopsis unicolor</i>) Capellán (<i>Trisopterus minutus</i>) Pailona (<i>Centroscymnus coelolepis</i>) Raya (<i>Rafa species</i>) Gallineta nórdica (<i>Sebastes madnus, S. mentella, S. viviparus</i>) Pez vela (<i>Istiophorus platypterus</i>) Pez cinto (<i>Lepidopus caudatus</i>), sable negro (<i>Aphanopus carbo</i>) Besugo o aligote (<i>Pagellus species</i>) Tiburón (<i>todas las especies</i>) Escolar (<i>Lepidocybium flavobrunneum, Ruvettus pretiosus, Gempylus serpens</i>) Esturión (<i>Acipenser species</i>) Pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) Atún (<i>Thunnus species, Euthynnus species, Katsuwonus pelamis</i>)</p> | |
| <p>(2) Peces vivos, pescado fresco o refrigerado, con exclusión de los filetes. Pescado congelado, con exclusión de los filetes. Filetes y demás carnes de pescado (incluso picada) frescos, refrigerados o congelados. Excluido el hígado de pescado.</p> <p>(3) Si el pescado está destinado a ser consumido entero, el contenido máximo se aplicará al pescado entero.</p> <p>(4) El cefalotórax de los crustáceos queda excluido de esta definición.</p> | | |
| <p>RESIDUOS PELIGROSOS</p> | | |
| <p>Decreto Numero 2676 DE 2000 (diciembre 22) Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares. Artículo 13“ Los residuos reactivos, mercuriales y demás metales pesados, deben ser aprovechados cuando haya lugar o tratados y dispuestos finalmente en rellenos sanitarios cumpliendo los procedimientos que establezca el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares. Complementado con: Decreto 1669 de 2002 (Agosto 2) , por el cual se modifica parcialmente el Decreto 2676 de 2000</p> | | |

AMBIENTE

CONVENIOS Y TRATADOS INTERNACIONALES

Protocolo relativo a los metales pesados.

Firma/Adopción: Marzo 22 de 1989.

Entrada en Vigor: Mayo 5 de 1992.

Ley Aprobatoria: Ley 253 2005.

Fecha de Ratificación y Adhesión: Diciembre 31 de 2006.

Objetivo: Control de Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación". Su objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los efectos adversos que puedan resultar de la generación, movimientos transfronterizos y gestión de los residuos peligrosos. Este Convenio considera dentro de los desechos peligrosos a los que contengan mercurio o estén contaminados por mercurio o sus compuestos. Los movimientos transfronterizos de estos desechos (exportación para su reutilización, reciclado y/o su eliminación final y a los que requieren gestionarse localmente) deben controlarse conforme a las obligaciones del Convenio

Convenio de Basilea sobre el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos.

Firma/Adopción: Marzo 22 de 1989.

Entrada en Vigor: Mayo 5 de 1992.

Ley Aprobatoria: Ley 253 2005.

Fecha de Ratificación y Adhesión: Diciembre 31 de 2006.

Objetivo: Control de Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación". Su objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los efectos adversos que puedan resultar de la generación, movimientos transfronterizos y gestión de los residuos peligrosos. Este Convenio considera dentro de los desechos peligrosos a los que contengan mercurio o estén contaminados por mercurio o sus compuestos. Los movimientos transfronterizos de estos desechos (exportación para su reutilización, reciclado y/o su eliminación final y a los que requieren gestionarse localmente) deben controlarse conforme a las obligaciones del Convenio

Convenio de Rotterdam sobre Consentimiento Informado Previo – PIC.

Firma/Adopción: Septiembre 10 de 1998.

Entrada en Vigor: Febrero 24 de 2004.

Ley Aprobatoria: Ley 1159 de 2007.

Objetivo: Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos a objeto de comercio internacional". Este Convenio tiene la particularidad de proporcionar a los países importadores y exportadores, un primer aviso sobre ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos que ingresarían o saldrían de sus territorios. En el anexo III del Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional se incluyen los "compuestos de mercurio, que incluyen compuestos de mercurio inorgánicos, compuestos de alquilmercurio y compuestos de alquinoxilalquilo y arilmercurio". El Convenio de Róterdam garantiza que no existe comercio internacional si una parte importadora decide prohibir la utilización de los compuestos mencionados para su uso como plaguicidas, pero no hace recomendaciones respecto a la reducción o eliminación de los mismos, ni se aplica al mercurio destinado a su uso industrial

Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes – POPS.

Firma/Adopción: Mayo 22 de 2001.

Entrada en Vigor: Mayo 17 de 2004.

Ley Aprobatoria: Ley 994 de 2005 Declarada Inexequible por vicios de procedimiento por la Corte Constitucional C

576 de 2006.

Objetivo: proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los Contaminantes Orgánicos Persistentes (Art.1). Este Convenio no incluye al mercurio directamente, sin embargo, previo a su entrada en vigor, se ha instado a los Estados a hacer una labor preparatoria para incluir al mercurio dentro de los contaminantes

NORMAS BASE

| | | |
|--|---|---|
| Constitución Política de Colombia | Artículos 79 a 82 | Derecho de gozar de un ambiente sano. El Estado tiene que proteger el Ambiente con la planificación del manejo y del aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible y su conservación; con la prohibición de las armas nucleares y bioquímicas. |
| | Artículos 331 y 361 | Creación de organismos para la promoción de la preservación del ambiente. |
| | Artículos 63, 75, 332, 344, 353, 360 | Protección y gestión de los recursos naturales. |

Decreto Ley 2811 de diciembre 18 de 1974, Código de Recursos Naturales Renovables

Marco legal ambiental de Colombia, disposiciones sobre prevención y control de sustancias peligrosas, disposiciones Uso Minero

Decreto N° 1443 de 2004 - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ambito Regulado: Contenido de Mercurio en Plaguicidas.

"Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 253 de 1996, y la ley 430 de 1998 en relación con la prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos, y se toman otras determinaciones.

Ley 99 de 1993 y Decretos Reglamentarios. Por medio de esta ley se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y prevé otras disposiciones que modificaron la normatividad ambiental incorporada en el Código de Recursos Naturales Renovables

Ley 388 de 1997 Por la cual se modifica la ley 9ª de 1989 y la ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones sobre la Ley de Ordenamiento Territorial, la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas y la Ley por la que se crea el Sistema Nacional Ambiental.

USOS DEL AGUA Y VERTIMIENTOS LIQUIDOS

Decreto 1594 Junio 26 de 1984 "Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI - parte III - libro II y el título III de la parte III - libro I - del decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos"

| | | | | |
|------------------------------------|----------------------------|-------------------|--------------|-------------------------------|
| Artículo 20 | Artículo 38 | Artículo 39 | Artículo 41 | Artículo 45 |
| Sustancias de Interés Sanitario | Recurso Humano y Domestico | | Uso Pecuario | Preservación de Flora y Fauna |
| | Tratamiento Convencional | Solo desinfección | | Agua fría dulce |
| Establece el Mercurio como una SIS | 0,002 mg Hg/L | 0,002 mg Hg/L | 0,01 mg Hg/L | 0,01 mg Hg/L |

Nota 1: el **Decreto 3930 del 25 de Octubre de 2010**, Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. En su Artículo 20 establece que "El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial dentro de los dieciocho (18) meses contados a partir de la publicación del presente decreto, definirá los criterios de calidad para el uso de las aguas superficiales, subterráneas y marinas.

| | |
|-------------------------------------|--|
| Artículo 12 | Prohibiciones: en los vertimientos puntuales está prohibida la presencia de Mercurio Orgánico (Formula química: Hg, No. CAS:7439-97-6 |
| Artículo 20 | Parámetros a Monitorear el los vertimientos puntuales de aguas residuales de los prestadores de servicios públicos de alcantarillado para descargas a cuerpos de agua superficial: Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible: 0,001 mg/L |
| Artículo 23 | Parámetros a Monitorear el los vertimientos puntuales de aguas residuales a generadores que desarrollen actividades en los CIU, Sección A – Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca: Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a cuerpo de agua superficial: 0,001 mg/L. Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a alcantarillado público: 0,02 mg/L. |
| Artículo 25 | Parámetros a Monitorear el los vertimientos puntuales de aguas residuales a generadores que desarrollen actividades en los CIU, Sección C – Industria Manufacturera: Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a cuerpo de agua superficial: 0,001 mg/L. Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a alcantarillado público: 0,02 mg/L. |
| Artículo 29, 30, 31,32 y 33 | Parámetros a Monitorear el los vertimientos puntuales de aguas residuales a generadores que desarrollen actividades en los CIU, Sección B – Explotación de Minas y Canteras: Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a cuerpo de agua superficial: 0,001 mg/L. Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a alcantarillado público: 0,02 mg/L. |
| Artículo 43, 47,48,49,50, 51,52, 53 | Parámetros a Monitorear el los vertimientos puntuales de aguas residuales a generadores que desarrollen actividades en los CIU, Sección D – Industria Manufacturera: Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a cuerpo de agua superficial: 0,001 mg/L. Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a alcantarillado público: 0,02 mg/L. |
| Artículo 54 | Parámetros a Monitorear el los vertimientos puntuales de aguas residuales a generadores que desarrollen actividades en los CIU, Sección E – Suministro de Electricidad, gas y agua: Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a cuerpo de agua superficial: 0,001 mg/L. Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a alcantarillado público: 0,02 mg/L. |
| Artículo 55 | Parámetros a Monitorear el los vertimientos puntuales de aguas residuales a generadores que desarrollen actividades en los CIU, Sección N – Servicio Social y de Salud: Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a cuerpo de agua superficial: 0,001 mg/L. Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a alcantarillado público: 0,02 mg/L. |
| Artículo 56 y 57 | Parámetros a Monitorear el los vertimientos puntuales de aguas residuales a generadores que desarrollen actividades en los CIU, Sección O – Otras actividades de Servicio comunitarios, sociales y personales: Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a cuerpo de agua superficial: 0,001 mg/L. Mercurio (Hg): Valor Limite Máximo Permisible descarga a alcantarillado |

público: 0,02 mg/L.

NIVELES DE INMISION (CALIDAD DEL AIRE)

Resolución 601 del 4 de abril de 2006.

Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes No Convencionales con Efectos Carcinogénicos = 1.0 mg Hg/L para un tiempo de exposición de 1 año.

El anexo 2 – contaminantes no convencionales de la citada resolución se presenta el listado de Actividades y procesos industriales de acuerdo con la clasificación CIIU, que pueden generar contaminantes no convencionales. Para el caso del mercurio cita:

| | |
|--|--------|
| Fabricación de cementos, amalgamas, usados en odontología y demás productos de obturación dental | 242312 |
| Fabricación de productos químicos para fotografía, de películas, placas sensibilizadas y papeles fotográficos | 242911 |
| Recuperación y fundición de cinc | 272913 |
| Fabricación de artículos laminados, estirados y extruidos de cinc y sus aleaciones | 272914 |
| Fabricación de artículos fundidos de cinc y sus aleaciones | 272915 |
| Fabricación de artículos de cinc y sus aleaciones | 272916 |
| Fabricación de pilas y baterías | 314001 |
| Fabricación de acumuladores eléctricos, incluso partes de esos acumuladores | 314002 |
| Fabricación de lámparas y tubos de rayos ultravioleta o infrarrojo | 315002 |
| Fabricación de lámparas y tubos de descarga, fluorescentes, de cátodo caliente o de otro tipo | 315003 |
| Fabricación de máquinas e instrumentos científicos y de laboratorio, termómetros, pirómetros e higrómetros, pluviómetros | 331211 |

Resolución 610 del 44 de marzo de 2010.

Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006

Artículo 5°. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes No Convencionales con Efectos Carcinogénicos y Umbrales para las Principales Sustancias Generadoras de Olores Ofensivos. En la Tabla 2 se establecen los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos

Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes No Convencionales con Efectos Carcinogénicos = 1.0 mg Hg/L para un tiempo de exposición de 1 año. Para el mercurio inorgánico(vapores)

NIVELES DE EMISION

Resolución 0909 del 5 de junio de 2008, Artículo 45

| Capacidad del Horno Incinerador | Estándar Máximo Permissible |
|--|--|
| Capacidad igual o superior a 500 kg/hora | 0,03 mg Hg/m ³ (Promedio diario) |
| | 0,05 mg Hg/m ³ (promedio horario) |
| Capacidad inferior a 500 kg/hora | 0,05 mg Hg/m ³ (Promedio diario) |
| | 0,10 mg Hg/m ³ (promedio horario) |
| Hornos de incineración en hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o menor a 600 kg/mes | 0,10 mg Hg/m ³ (Promedio diario) |
| | 0,20 mg Hg/m ³ (promedio horario) |

| |
|---|
| <p>RESIDUOS SOLIDOS</p> <p>Decreto Numero 4741 De 30 Dic 2005 La tabla 3 del Anexo III - CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS, del Decreto 4741 de 2005, establece que: Para el Mercurio, Concentraciones máximas para la prueba TCLP es de 0,2 mg/L.</p> <p>Resolución 1402 de 2006 Prohíbe la entrada al país de residuos o desechos peligrosos sino se cumple con lo consagrado en el Convenio de Basilea, la Ley 253 de 1996, Ley 430 de 1998, y otras normas.</p> <p>Resolución 1297 de 8 de julio del 2010 , "por la cual se establecen obligaciones para la recolección y gestión ambiental de los residuos de pilas y acumuladores portátiles y se adoptan otras disposiciones. Dicho resolución impone a los productores (fabricantes e importadores) de pilas y acumuladores portátiles, la obligación de establecer sistemas nacionales de recolección y gestión ambientalmente adecuados para todos los residuos de pilas y acumuladores comercializados en el país, con el fin de evitar que estos residuos se dispongan junto con los residuos sólidos domésticos en rellenos sanitarios o sitios de disposición final no controlados.</p> <p>Resolución 1511 de 5 de agosto del 2010, "Por el cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de bombillas, y se adoptan otras disposiciones". En esta norma se establecen obligaciones de formular, presentar e implementar los Sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos, con el propósito de prevenir y controlar la degradación ambiental</p> |
| <p>CONTROL DE LAS INDUSTRIAS QUE UTILIZAN MERCURIO EN SUS PRODUCTOS O PROCESOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transporte <p>Decreto N° 1609 DE 2002 - Ministerio de Transporte.</p> <p>"por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera." Clasifica transporte de mercurio como CLASE 6 y corresponde a Sustancias Tóxicas e Infecciosas, la Norma Técnica Colombiana que la identifica y condiciona su transporte y uso es la NTC 3969 elaborada por el Organismo Nacional de Normalización (Icontec) –Anexo N° 18–.</p> <p>CAPITULO III - Registro Nacional para el Transporte de Mercancías Peligrosas, Artículo 6°. Tarjeta de Registro Nacional para el Transporte Mercancías Peligrosas</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Plaguicidas <p>Resolución 2189 de 1974 el Instituto Colombiana Agropecuario (ICA), del Ministerio de Agricultura Se ordeno la cancelación del registro de los productos fungicidas de uso agrícola a base de compuestos de mercurio.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Minería <p>Ley 685 de 2001 modificada por la Ley 1382 de 2010, No podrán ejecutarse trabajos y obras de exploración y explotación mineras en zonas declaradas y delimitadas conforme a la normatividad vigente como las áreas que integran el sistema de parques nacionales naturales, de carácter regional, zonas de reserva forestal protectora y demás zonas de reserva forestal, ecosistemas de páramo y los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la Convención Ramsar. Lo anterior evita la realización de minería que usualmente utiliza mercurio en su beneficio, en zonas de alta sensibilidad ambiental.</p> <p>Barequeo: art. 155 Permitido lavado de arenas medios manuales art. 156 Requisitos; inscripción alcalde, concesión de permisos y solución de conflictos. Minería ilegal: art. 159. Delito según el código penal art. 244. explotaciones nacionales o privadas sin título minero o autorización propietario</p> |



Convenio de asociación no. 447 de 2012 suscrito entre el
Ministerio de Salud y Protección Social y la Fundación para la
Educación y el Desarrollo Social - FES



Decreto 2222 DE 1993 con el cual se expide el Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto.

Resolución 18-0861 de 2002.

El Ministerio de Minas y Energía y el MAVDT, adoptaron las guías minero-ambientales de exploración, explotación, beneficio y transformación, mediante la Resolución 18-0861 de 2002, las cuales constituyen un instrumento obligatorio de consulta y orientación, de carácter conceptual, metodológico y procedimental, en lo pertinente al manejo de residuos peligrosos.

A través de las normas que reglamentan las licencias ambientales y específicamente del Decreto 1220 de 2005, el MAVDT estableció la obligación de obtener licencia ambiental para proyectos mineros. En el caso de la minería del oro esta Licencia se ocupa también de la etapa de beneficio en la que se usa el mercurio.

SALUD OCUPACIONAL

Ley 9ª de 1979 - Por la cual se dictan medidas sanitarias. Título III: Salud Ocupacional

Ley 55 de 1993 - Aprueba el Convenio 170 de la OIT sobre los productos químicos.

Ley 430 de 1998 -Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones

La Ley 100 de 1993 establece entre otros el sistema general de riesgos profesionales

Decreto Ley 1295 de 1994, cuyos objetivos buscan establecer las actividades de promoción y prevención tendientes a mejorar las condiciones de trabajo y salud de los trabajadores, fijar las prestaciones de atención en salud y las prestaciones económicas derivadas de las contingencias de los accidentes de trabajo y enfermedad profesional, vigilar el cumplimiento de cada una de las normas de la Legislación en Salud Ocupacional y el esquema de administración de Salud Ocupacional a través de las ARP.

Resolución 001016 de 1989 en el Artículo 4 y Parágrafo 1, se obliga a los empleadores a contar con un programa de Salud Ocupacional, específico y particular, de conformidad con sus riesgos potenciales y reales y el número de los trabajadores. También obliga a los empleadores a destinar los recursos humanos financieros y físicos, indispensables para el desarrollo y cumplimiento del programa de Salud Ocupacional, de acuerdo con la severidad de los riesgos y el número de trabajadores expuestos. Igualmente los programas de Salud Ocupacional tienen la obligación de supervisar las normas de Salud Ocupacional en toda la empresa, y en particular, en cada centro de trabajo.

Decreto 1832 de 1994 (Min Trab. y Seg. Soc.) Enfermedades profesionales Hidrargirismo.

ANEXO II

INVESTIGACIONES REALIZADAS EN COLOMBIA

INVESTIGACIONES EN POBLACIONES MINERAS

| Nombre | Autor | Año | Tipo de estudio | Objetivo | Poblacion | Resultados | Fortalezas | Debilidades |
|---|---|------|---------------------|---|---|--|---|---|
| Estudio neuroepidemiológico y neurotoxicológico de una población minera con exposición crónica al mercurio | Gustavo Pradilla, Esperanza Vega, Nelson Gamboa | 1991 | Transversal | Determinar si la exposición crónica ambiental a mercurio es un factor de riesgo para enfermedades neurológicas en población minera del río Suratá (Santander) | Exp: Mineros, familiares y vecinos. No exp.: pob. General. Suratá, Santander-Colombia | Las concentraciones de mercurio en sangre no superaba la norma en promedio, sin embargo existían diferencias ES entre expuestos y no expuestos. En agua no tratada se superaba en gran medida la norma en los expuestos. La prevalencia de eventos es mayor en el GE, sin embargo, no existen dif. E.S. Se encontró asociación de los niveles en sangre y enfermedad extrapiramidales y migraña. | Tamaño de muestra grande. Evaluación ambiental (agua tratada y no tratada), biológica y de salud. Procesamiento estadístico adecuado. | No indican: como seleccionaron a los participantes, como establecieron el tamaño de la muestra, confiabilidad de los datos (toma de muestras, medición, enmascaramiento), sesgos y confusores. |
| Mercurio en la Costa Atlántica Colombiana: Factor limitante del desarrollo | Jesús Oliverio Verbel, Boris Johnson | 2003 | Revisión documental | | Costa atlántica colombiana | La mojarra amarilla, el moncholo y la doncella poseen concentraciones superiores al límite. Pescadores>Mineros>Otros. El promedio de Brasil de 65 mg, mientras que el de Colombia es de 5 (cabello). temblores en las manos, alteraciones neurológicas y problemas de visión y en otro lugar daño intelectual, cambios emocionales (depresión y ansiedad), alteraciones neurológicas, amnesia, insomnio y temblor en la lengua en mineros. | | |
| Determinación de alteraciones neurocomportamentales en personas adultas expuestas crónicamente a mercurio en la población del municipio de Segovia, Antioquia, 2005 | Yolanda Sandoval Gil | 2006 | Transversal | Establecer la prevalencia de alteraciones neurocomportamentales en las personas expuestas crónicamente a mercurio en el municipio de Segovia, Antioquia | 860 personas mayores de 15 años mineros o no de Segovia, Antioquia | El 15,2% de las personas evaluadas tienen concentraciones de mercurio en cabello >=5ug/g. La prevalencia de síntomas es alta en esta población Subjetivos: 9,5-44,5; Neuropsiquiátricos: 10,3-63,5; , es menor en el grupo de personas con niveles de mercurio >=5 ug/g sin embargo no existen diferencias significativas, lo que sugiere que se ha generado tolerancia | Hacen una buena descripción de la población estudiada. La metodología es clara. Tienen un buen marco muestral. Evalúan diferentes efectos neurocomportamentales | Incurren en sesgo de voluntario. El tamaño de muestra fue calculado por medio de un MAS pero realizan un MAC. Interpretación errónea de OR |
| Medición de las concentraciones de mercurio y controles ambientales en la quema de amalgamas provenientes de la minería | Jairo Ruiz, Hector Sanchez, Carlos Parra | 2006 | Transversal | | Trabajadores de compraventas Antioquia | Niveles 14 veces por encima de la norma. En compraventas: 192,2-679,28 mg/m ³ , en calles: 315,97-416,1 y en orina: 47-420 | La medición en compraventas, calles cercanas a ellas y trabajadores en orina | El tamaño de muestra es pequeño. No indican: como seleccionaron a los participantes, como establecieron el tamaño de la muestra, confiabilidad de los datos (toma de muestras, medición, enmascaramiento), sesgos y confusores. |
| Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el Norte de Colombia | Jesús Olivero, Claudia Mendoza, Judith Mestre | 1995 | Transversal | Determinar la magnitud de la contaminación por mercurio entre la población del Sur de Bolívar según su ocupación y la incidencia de la misma sobre su salud. | 219 habitantes del sur de Bolívar y 27 personas de Cartagena como grupo control | Se encontraron diferencias en la concentración de mercurio en cabello según la ocupación así: pescadores (5,23+5,78) > mineros (2,83+3,27) > otras actividades (2,40+2,02) > grupo control (1,33+0,74), fue estadísticamente significativa de pescadores con otros. No existe diferencias por sexo y edad. | Genera conclusión que no se evalúa con frecuencia | No especifican: tipo de estudio, objetivo, parámetros para el cálculo de la muestra, método de recolección y tipo de muestreo usado. |

| Nombre | Autor | Año | Tipo de estudio | Objetivo | Poblacion | Resultados | Fortalezas | Debilidades |
|---|--|------|---------------------|--|--|---|--|--|
| Alteraciones neuropsicológicas por exposición ocupacional a vapores de mercurio en El Bagre (Antioquia, Colombia) | Tirado V., García M.A., Moreno L.M. et al | 2000 | Transversal | Determinar si los mineros de El Bagre (Antioquia, Colombia) tienen desordenes neuropsicológicos y/o comportamentales como resultado de exposición ocupacional a vapor de mercurio tóxico. | Casos: 22 varones sanos expuestos ocupacionalmente superior a tres años. Controles: 22 varones sanos no expuestos al mercurio pareados con casos por edad y escolaridad | En el grupo de casos se encontraron efectos reflejados en daño intelectual (alteración de algunas funciones neuropsicológicas), cambios emocionales (ansiedad y depresión) y neurológicos (amnesia, insomnio y temblor en la lengua), con diferencias estadísticamente significativas que el grupo control, en el que no se observaron efectos. No se presentan diferencias en todas las pruebas | Apareamiento entre casos y controles. Metodología claramente definida. Uso de batería de pruebas para evaluación neuropsicológica. Sugieren la realización de una nueva investigación en la que se correlacionen los resultados de las pruebas con biomarcadores | No establecen: tipo de estudio, cálculo del tamaño de muestra, metodología de selección de los participantes. |
| Alteraciones comportamentales y de personalidad debido a la exposición ocupacional a mercurio en un grupo de mineros del oro de la región del Bagre Antioquia | Jhony Alberto Moreno Requena | 2008 | Descriptivo | Evaluar alteraciones comportamentales y de personalidad en 25 personas ocupacionalmente expuestas a la contaminación y/o intoxicación por mercurio metálico en el municipio de El Bagre | 25 habitantes del Bagre, expuestos ocupacionalmente con edades de 20 a 55 años | Sugiere que la exposición a mercurio genera alteraciones comportamentales y de personalidad | Aplicación de diferentes cuestionarios para determinar los efectos en salud: Batería de prueba de personalidad tipo test (EPQ-RA), de alteraciones comportamentales como Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF) y Cuestionario de Síntomas Subjetivos de Toxicidad (Hänninen y Lindstrom) y Cuestionario de escala Sintomática de Estrés (S.S.S.) Seppo Aro Version 2 1987 | No se especifica como fue seleccionada la muestra ni el tamaño, aunque parece que fue por conveniencia. Procesamiento y presentación inadecuada de la información. |
| Niveles de Mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Orinoquia Colombiana) | Álvaro Idrovo, Luis Manotas, Gladys Villamil et. al. | 2001 | Exploratorio | Determinar los niveles de mercurio en cabello y sangre en una población minera del departamento del Guainía y la percepción que tiene dicha población del riesgo de usar este elemento | 78 residentes de la región relacionados con la minería, que consumieran pescado y agua. En el análisis se dividió por grupo expuesto: individuos directamente involucrados en labores de minería y grupo indirectamente expuesto a los familiares o personas que realizaban otras actividades en el caserío. | Se encontraron concentraciones de mercurio en sangre de 59,16 ug/l en promedio (6,9-168) y en cabello de 26,93 ug/g (3,0-89,2) en mineros, mientras que en población expuesta indirectamente se reducen los niveles aunque sin diferencias estadísticamente significativas 53,5 y 22,86 en sangre y pelo respectivamente. Se evidencia que contaminan el ecosistema posiblemente por los deficits en el ambiente laboral y la falta de conocimiento del riesgo ecológico. Tienen conocimientos inadecuados del metal a pesar de que perciben el riesgo | Assumen el alcance del estudio, especificando que los resultados encontrados puede servir como indicio de una probable amenaza para la salud de los residentes en la Orinoquia colombiana. Evaluación de percepción del riesgo | Sesgo de voluntario |
| Contaminación por mercurio de la minería artesanal de oro en Antioquia, Colombia: La contaminación per capita mas cara del mundo. | Paul Cordy, Marcello Veiga, Ibrahim Salih, et. al. | 2001 | Revisión documental | Obtener información a cerca de los métodos de producción de oro y vías de liberación de mercurio al medio ambiente en los municipios de Segovia, Remedios, Zaragoza, El Bagre y Nechí | Datos de importaciones y venta de mercurio. Proveedores y consumidores de mercurio. | En 2009 11 empresas importaron legalmente 130 ton de mercurio metálico. En Segovia, Remedios, Zaragoza el Bagre y Nechí existen 323 entables que producen entre 10 y 20 toneladas de oro. Teniendo en cuenta la cantidad promedio de mercurio consumido según el balance y las entrevistas de propietarios de los entables, la cantidad estimada de mercurio en estos entables corresponde a 93 toneladas. Las concentraciones en el aire urbano oscilan entre 300 (background) y 1 millón ng/m ³ (dentro de tiendas de oro), en areas residenciales la concentración mas comun es 10.000 ng/m ³ , cuando el límite ocupacional según la OMS es de 1000 ng/m ³ . La liberación/emisión de mercurio total en Colombia puede alcanzar las 150 ton/a, dándole al país la desonrosa posición del primer país del mundo con mayor contaminación percapita de mercurio por minería artesanal. Sugieren una intervención gubernamental urgente para la erradicación del suministro de mercurio a los entables. Se deben retirar los entables de los centros urbanos, se debe mejorar la tecnología y reducir las emisiones por medio de asistencia técnica. | Generación de evidencia concreta a cerca de cantidad de mercurio usado y emitido para el beneficio de oro. Corroboración de datos suministrados por entidades legales con entrevistas de usuarios. Adicionalmente, se realizaron mediciones ambientales (aire) | Hicieron un muestreo por conveniencia, sin embargo se recomienda para sistemático para empresarios y mineros, lo cual es recomendado por ellos. |
| Distribución de mercurio en diferentes componentes ambientales en un ecosistema acuático impactado por la minería de oro en el norte de Colombia | José Marrugo, Luis Norberto Benitez, Jesús Olivero | 2007 | Transversal | Determinar los niveles de Hg en diferentes matrices ambientales en este ecosistema y la evaluar los cambios en la distribución del Hg a lo largo de diferentes sitios de muestreo y estaciones, evaluación ambiental y exposición humana | Humanos, Sedimentos, agua, plancton, peces y seston | Se encontraron niveles de T-Hg en agua, sedimentos, seston, fitoplancton y zooplancton de 0,33, 0,71, 1,20, 052, 0,94 respectivamente. Los mayores valores se encontraron en temporada seca. Se encontraron diferencias de acuerdo a la posición trófica. | Inclusión de especies en diferentes matrices ambientales y humanos. Buen procesamiento | No especifica tipo de estudio |

INVESTIGACIONES EN ANIMALES

| Nombre | Autor | Año | Tipo de estudio | Objetivo | Poblacion | Resultados | Fortalezas | Debilidades |
|--|---------------------------------|------|---|--|---|---|---|---|
| Estado del conocimiento de las concentraciones de Mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuicolas de Colombia | Néstor Mancera, Ricardo Alvarez | 2006 | Revisión sistemática de estudios transversales y Bioensayos | Comprobar los efectos de la contaminación acuática con organismos dulceacuicolas y la evaluación de por lo menos tres parámetros (metales pesados, temperatura, efluentes), usando ocho especies de peces | Colombia, Especies: <i>Carassius auratus</i> , <i>Oreochromis spp.</i> , <i>Piractus brachyomus</i> , <i>Prochilodus magdalenae</i> , <i>Astyanax fasciatus</i> , <i>Colossoma bidens</i> , <i>Gambusia affinis</i> y <i>Grundulus bogotensis</i> | Río Magdalena y sus afluentes (Mojana) es el lugar donde se han estudiado la contaminación de los peces en Colombia. Se evidencia la relación existente entre las altas concentraciones en los peces y la cercanía con influencia directa de minería aurífera. Se encontraron valores críticos en la Mojana y Nordeste antioqueño y concentraciones altas en peces carnívoros (<i>Hoplias malabaricus</i> , <i>Ageneiosus caucanus</i> y <i>Caquetaia kaussi</i>) | Reconocimiento de las necesidades del país en términos de: Reglamentación para la regulación del manejo de sustancias químicas en la industria y minería. Incentivar el uso de tecnologías limpias en la explotación minera, la exploración y explotación de hidrocarburos y la producción agrícola. Responsabilizar a una autoridad que regule el uso y el control del mercurio. Realizar investigaciones que determinen las fuentes de contaminación hídrica del país, determinar el riesgo por la persistencia de estos contaminantes en el ecosistema e incluir más peces | A pesar de que incluyen 9 bioensayos no sacan conclusiones de ello. |
| Evaluación de la concentración de mercurio en diversas marcas de atún enlatado comercializadas en la ciudad de Cartagena de Indias | Juan Manuel Sanchez Londoño | 2011 | Piloto | Determinar las concentraciones de mercurio presentes en cuatro marcas de atún enlatado en agua, comercializadas en la ciudad de Cartagena de Indias, evaluando el cumplimiento de las mismas a las normas sanitarias vigentes nacionales e internacionales | cuatro marcas de atún (tres nacionales y una importada), 41 muestras | El 34% de las muestras excedían la legislación colombiana (1ppm) y el 59% lo recomendado por la OMS (0,5ppm). La lata de atún importado posee menores niveles con diferencias estadísticamente significativas | Evaluación de exposición que afecta la población general. Metodología clara de selección de muestras. Muestreo por conveniencia | |
| Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los ríos Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia | Aura Madero, Jorge Marrugo | 2010 | Transversal | Evaluar la presencia de metales pesados (Pb, Cu, Cd y Hg) en el hígado y músculo pectoral derecho de bovino, procedentes de fincas de la zona del Sinú y San Jorge | Bovinos machos, adultos, de raza cebú mestizo, entre 2 y 7 años | Las concentraciones de mercurio y otros metales (excepto cobre) no sobrepasaban la norma Europea y Mexicana. Las concentraciones más altas provienen de las reses de San Jorge y el grupo control aunque no existen diferencias significativas. Los valores registrados no representan riesgo para la salud humana. | Metodología clara de selección. Incluyeron dos grupos (San Jorge y Sinú) y un grupo control. Procesamiento estadístico adecuado. | Mencionan el uso de MAE pero no fue realizado de esa forma o fue realizado incorrectamente. |

| Nombre | Autor | Año | Tipo de estudio | Objetivo | Poblacion | Resultados | Fortalezas | Debilidades |
|--|---|------|-----------------|--|---|--|--|--|
| Hallazgo de Mercurio en peces de la ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia | José Marrugo, Edineido Lans, Luis Benítez | 2007 | | Determinar las concentraciones de mercurio total (Hg-T) en algunas especies de peces de la ciénaga de Ayapel (Colombia) | Seis muestreos de los siguientes peces: Bocachico (<i>Prochilodus magdalenae</i>), bagre pintao (<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>), mojarra amarilla (<i>Caquetaia kraussi</i>), blanquillo (<i>Sorubim cuspicaudus</i>), moncholo (<i>Hoplias malabaricus</i>), pacora (<i>Plagioscion surinamensis</i>), doncella (<i>Ageneiosus caucanus</i>) y liseta (<i>Leporinus muyscorum</i>) | Los niveles promedio de Hg-T en los peces evaluados fue de 0,288 +- 0,145, en carnívoros fue de 0,246 y en no carnívoros de 0,184, los cuales no excedieron el límite para consumo humano establecido por la OMS. Sin embargo, se puede incrementar el riesgo por el consumo de 0,12 Kg de pescado, principalmente de <i>Ageneiosus caucanus</i> o "Doncella", el cual tuvo la mayor concentración (0,504+-0,103mg Hg/kg). En época seca las concentraciones son mas altas excepto en Doncella, Bocachico y Liseta. Estos dos últimos serían los únicos aptos para el consumo humano según la OMS. | Cálculo del Índice de Peligrosidad (HI). Inclusión de especies de peces mas comunes de la región. Buen procesamiento | No especifica: tipo de estudio |
| Concentraciones de mercurio en musculo y tejido de hígado de peces colectados a lo largo del río Magdalena, Colombia | Santiago Alvarez, Alan Kolok, Luz Fernanda Jiménez, et. al. | 2012 | Transversal | Determinar la concentración de mercurio total en el musculo y tejido hepático en peces capturados en la cuenca del río Magdalena | 378 muestras de musculo y 102 de hígado | El nivel más alto de mercurio en el tejido muscular se encontró en el no carnívoro <i>Pimelodus blochii</i> , sin embargo el grupo carnívoro tenía concentraciones mas altas con diferencias significativas. No se observan diferencias significativas en mercurio total por especie o género. | Recolección de 24 especies de peces. Se aplico protocolos de calidad con evaluaciones dobles de las muestras, las cuales fueron comparadas con pruebas estadísticas. Uso de metodologías inferenciales | |
| Concentraciones de metilmercurio en seis especies de pescado de dos ríos de Colombia | Santiago Alvarez, Ashley Jessick, Jaime Palacio, Alan Lolok | 2012 | Transversal | Determinar si los peces escogidos en los ríos La Miel y Nechí difieren en la concentración de metilmercurio en el musculo. | Seis especies de peces de dos ríos (La Miel, Nechí): <i>Sorubim cuspicaudus</i> , <i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i> , <i>Triportheus magdalenae</i> , <i>Pimelodus spp.</i> , <i>Prochilodus magdalenae</i> , <i>Leporinus muyscorum</i> | Los peces del mercado cercano al río Nechí tenían niveles altos de MeHg. Las concentraciones son mas altas en el río Nechí. Los resultados sugieren que la contaminación no es generalizada en todas la cuencas hidrográficas. En las regiones mineras llegan al mercado peces altamente contaminados | Probaron repetibilidad de métodos y laboratorios | |
| Humanos y cangrejos expuestos a mercurio en la Costa Atlántica de Colombia: Impacto de una planta de cloro-alcálí abandonada | Jesus Olivero, Boris Johnson, Rosa Daldiris, et. al. | 2007 | | Establecer el impacto del mercurio en sedimentos contaminados en la Bahía de Cartagena sobre el ecosistema | Habitantes de comunidades pescadoras entre 6-85 años y cangrejos (<i>Callinectes sapidus</i> y <i>Callinectes bocourti</i>) a lo largo de la costa caribeña (Coveñas-Tasajera) | Se encontraron concentraciones de mercurio total en pelo 0,1-21,8 ug/m ³ y promedio de 1,52. Se midió en diferentes lugares donde los valores mas altos era de los residentes de Caño del Oro (1,4), seguido por Bocachica(1,2) y Lomarena (0,7), Tasajera (0,7) y existían diferencias significativas. En los cangrejos se observo una tendencia similar y los valores mas altos estaban en los recogidos frente a la planta abandonada cloro-alcálí. Demuestra que los sedimentos contaminados siguen manejando la distribución del mercurio en la cadena alimentaria. | Calibración de instrumentos de medición. Uso de procesamiento estadístico inferencial. Inclusión de variables confusoras | No especifica como fue calculada el tamaño de muestra ni la metodología de selección de los participantes. |

INVESTIGACIONES EN POBLACIONES ODONTOLÓGICAS

| Nombre | Autor | Año | Tipo de estudio | Objetivo | Poblacion | Resultados | Fortalezas | Debilidades |
|---|---|------|-------------------------|--|--|--|---|--|
| Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena Colombia | Armida María Arrázola Díaz | 2011 | Transversal | Determinar los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas de la ciudad de Cartagena, Colombia | 64 consultorios clínicos en los que se evaluaron aire, escupidera y mesón | El 51% de los consultorios tenían niveles por encima de lo recomendado por la EPA (300ng/m ³), encontrando una concentración promedio de 1206+-142 en aire. En escupideras el 59% superaban la norma 2538+-879. El 51% de los mesones superaban la norma encontrando en promedio de ellas de 2116+-1551 ng/m ³ , cuando habían pacientes la concentración en los mesones alcanzaba 11394+-13,9 | Rigurosidad en las evaluaciones. Buenas conclusiones, recomendaciones e ideas de investigación. | No especifican como fue la selección de las clínicas o consultorios. Alcance corto de objetivos y procesamiento. |
| Riesgo en el manejo de la amalgamación dental en las entidades odontológicas medianas y pequeñas en el departamento de Antioquia, Colombia | Jairo Ruiz, Jorge Pérez, Gabriel Gómez, et. al. | 2009 | Transversal | Describir y caracterizar las actividades relacionadas con el manejo del mercurio, la amalgama y sus residuos en 107 entidades prestadoras de servicios de salud oral | Entidades prestadoras de servicios en salud oral, clasificadas entre medianas y pequeñas (con menos de cinco sillas o unidades odontológicas en el mismo sitio de trabajo) | El 46% de las instituciones tienen riesgo alto o muy alto. Las personas que han tenido niveles anormales no han recibido ningún tratamiento. Se evidencia desconocimiento por lo que recomiendan implementar acciones integrales y metodológicas seguras a corto plazo para reducir el riesgo para el personal, pacientes y ecosistema desde las instituciones académicas. | Levantamiento del marco muestral. Censo. Población evaluada | Analizan información de biomarcadores que no fue realizada sino reportada por el encuestado. |
| Contribución de las condiciones locativas y ambientales al riesgo de contaminación con mercurio en las entidades odontológicas de Antioquia | Ruiz Jairo, Gómez Gabriel, Durán Carlos et. al. | 2008 | Transversal | Describir las condiciones locativas y ambientales en 30 grandes entidades odontológicas del departamento de Antioquia. | 30 entidades odontológicas (85% de la población) que tuvieran cinco o más sillas o unidades odontológicas en un mismo sitio de trabajo. | No todas las entidades grandes prestan los servicios en instalaciones adecuadas ni hacen un buen manejo de las variables ambientales. En el 97% de las entidades existe riesgo latente de contaminación por mercurio. En el 37% de los lugares han ocurrido derramamientos. | Evaluación de condiciones locativas y ambientales por medio de cuestionario | No hay explicación clara de la metodología usada (selección, tipo de estudio, procesamiento estadístico). No se realizó muestreo porque querían hacer muestreo, aunque este último no se completó. |
| Diagnóstico de los niveles de mercurio en empleados y estudiantes de la facultad de odontología de la Universidad de Antioquia, 1999 | Juan Escobar, Clara Escobar, Kahl Colimon, Merly Molano | 2001 | Prevalencia | Determinar la existencia de intoxicación biológica por mercurio mediante la cuantificación de este elemento en muestras de orina de 24 horas en estudiantes y profesores de odontología | Población que labora y estudia en la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia y compararlo con el índice biológico de exposición | Las 192 muestras presentaron concentraciones inferiores a 30mg (intoxicación) y el 1,6% (3) tenían niveles => 15mg que es el valor límite para la población laboralmente expuesta. Las concentraciones más altas son de estudiantes y docentes (6,04). Existe correlación positiva significativa entre el tiempo de exposición (semestre académico y la concentración de mercurio. Correlación negativa en nivel de docentes y tiempo de graduado. | Tamaño de muestra considerable (825). Evaluación de otra población: estudiantes de pregrado y postgrado, profesores, personal de oficinas varios y auxiliares. Se tomó grupo control (estudiantes de primer semestre y otras carreras). Procesamiento estadístico interesante | No muestran la comparación de niveles de mercurio en sangre con uñas y cabello. |
| Manejo de la amalgama dental en consultorios odontológicos pequeños y medianos de Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta y Bello | Jairo Ruiz, Carlos Parra, Héctor Escobar, et. al. | 2004 | Personas y consultorios | Caracterizar las variables ocupacionales, del manejo del mercurio y de los residuos de la amalgama en los consultorios odontológicos pequeños y medianos en Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta y Bello | Odontólogos y consultorios donde por lo menos una y menos de siete sillas y que utilizaran amalgama dental (800) | Capacitar el personal odontológico para la realización de prácticas seguras. Ocupacional: El 46% no se han realizado pruebas en los últimos 5 años, de estos el 4% tenían niveles por encima de lo normal aunque no a niveles de intoxicación. El 86% de los encuestados refieren seguir un protocolo aunque se comprueba que no es cierto. No informan síntomas. | Generación de marco muestral y cálculo de tamaño de muestra | Analizan resultados de muestras que no fueron realizadas por ellos. |

INVESTIGACIONES EN POBLACIÓN GENERAL

| Nombre | Autor | Año | Tipo de estudio | Objetivo | Poblacion | Resultados | Fortalezas | Debilidades |
|--|---|------|-----------------|---|--|---|--|--|
| Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009 | García Lisy, Marrugo José, Alvis Erasmo | 2010 | Transversal | Evaluar las concentraciones de mercurio total en cabello de habitantes del municipio de Ayapel (Córdoba) y en peces capturados en la ciénaga de Ayapel | 112 pobladores ribereños de la ciénaga de Ayapel mayores de 14 años (cabello) y 45 peces (tejido muscular) | Concentraciones en personas (2,18+-1,77) por encima de lo recomendado por la EPA en el grupo de estudio pero en el control estaba por debajo de la norma. Los síntomas con mayor prevalencia fue la cefalea, falta de energía e irritabilidad. En los peces los niveles mas altos los presenta <i>Sorabin cuspicaudus</i> (0,74+-0,19). Evidencian relación entre el consumo de pesacado y efectos en salud | Generación de evidencia del riesgo en salud por el consumo de peces contaminados de la ciénaga de Ayapel. Uso de biomarcadores. Procesamiento estadístico adecuado. | El cálculo del tamaño de la muestra no es adecuada, no especifican la variabilidad usada ni como fue la selección de las personas. |
| Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de Plomo, Mercurio y Cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibaté (Cundinamarca) 2007 | David Andrés Combariza Bayona | 2009 | Transversal | Describir la relación existente entre los niveles en sangre, las condiciones de salud de la población y la contaminación por metales pesados del embalse del Muña. | Población de Sibaté, Cundinamarca de 10 a 49 años de edad | La mayor exposición a los metales es por el consumo de frutas, verduras, carnes y leche cultivados cerca del embalse, el consumo de pescado es bajo. Los síntomas mas frecuentes relacionados con el Hg fueron: dolor de cabeza, alteraciones del humor, sensación de mareos, hormigueo en manos, entre otros. El promedio de Hg en sangre fue de 4,06 ug/L (1,7-13,5). Ningun participante tiene niveles por encima de la norma, aunque en el 47,1% de ellos habian concentraciones bajas. | Tuvieron en cuenta variables sociodemográficas, ocupacionales, de antecedentes personales (antecedentes tóxicos y hábitos alimenticios), variables clínicas, evaluaron otros metales aparte del mercurio como plomo y cadmio. Se realizó prueba piloto para evaluación del instrumento. Incurren en sesgo de selección y de memoria aunque es notificado | Se asumió un error muy grande en el muestreo (20%). Se debió hacer un MAE o MAC (edad y cercanía al lago) y no un MAS. . No especifican como fueron seleccionadas las personas. |
| Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental, Colombia, 2008-2009 | Mónica Vargas, Carlos Quiroz | 2011 | Transversal | Establecer la prevalencia de alteraciones neuropsicológicas en lenguaje, memoria, funciones ejecutivas y atención de los escolares entre segundo grado de primaria y noveno grado de bachillerato del municipio de Segovia, Antioquia | 196 estudiantes de segundo de primaria a noveno de bachillerato del municipio de segovia, Antioquia | El 79,6% de los escolares presenta alteraciones en comprensión del lenguaje, el 77,6% en funciones ejecutivas, el 52,6% en atención visual, el 43,9% en fluidez verbal, el 38,8% en memoria verbal a corto plazo y el 31,1% a largo plazo. Tales porcentajes generan una alarma y evidencian la necesidad de intervenir | Uso de pruebas estandarizadas. Evaluación de población poco estudiada | Muestran parámetros que usaron para el calculo del tamaño de muestra, aunque no coinciden con los del muestreo realizado (MAE). No determinan cual es la prevalencia de estas alteraciones en niños que no esten expuestos a vapor de mercurio |

CUANTIFICACIÓN DE LIBERACIONES ANTROPOGÉNICAS DE MERCURIO EN COLOMBIA

Cálculos y cuantificaciones para el año 2009
Versión 1.0

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

REPUBLICA DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

GRUPO DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN – GDCON

DICIEMBRE 2010

ENTIDAD COORDINADORA

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)

Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible (DDSS)

Directora: Marcela Bonilla Madriñán mbonilla@minambiente.gov.co

Coordinador 2009 – 2011: Elias Pinto eliaspinto17@yahoo.com.

Profesional responsable: Ana María Rojas Bernal arojas@minambiente.gov.co.

Bogotá – Colombia

ENTIDAD EJECUTORA

Universidad de Antioquia.

Facultad de Ingeniería

Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación (GDCCON).

Coordinador: Gustavo Antonio Peñuela Mesa. Dr. Química Ambiental.

Grupo Técnico

Daniel Esteban León Pérez. Ingeniero de Alimentos.

Juan Carlos Arango Escobar. M.Sc. Geomorfología y suelos, Geólogo.

Mónica Lucía Jaramillo Gallego. Administradora en Salud: gestión sanitaria y ambiental

Claudio Jiménez Cartagena. M.Sc. Bioquímica. Químico Farmacéutico.

Luz Dary Arboleda Gómez. Ingeniera Sanitaria

Lisys M. León Sevilla. M.Sc. Materiales, Ingeniera Mecánica.

Diana M. Arroyave. M.Sc. Materiales, Ingeniera Química.

Andrés Mauricio Ríos Rojas. Ingeniero Químico.

| DATOS GENERALES DE LA POBLACIÓN COLOMBIANA | |
|--|---|
| Población | 44.977.758 |
| Año y referencia para los datos de población | 2009 Referencia DANE |
| PIB (Producto Interno Bruto) | 358.900.000.000 |
| Año y referencia para los datos de PIB | 2009 Referencia Banco República |
| Principales sectores de la economía del país | Agricultura, hidrocarburos, minería, industria manufacturera y automotriz |

| CONTACTO RESPONSABLE DEL INVENTARIO | |
|-------------------------------------|---|
| Institución | Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial |
| Persona de contacto | Ana María Rojas |
| E-mail | arojas@minambiente.gov.co |
| Número telefónico | +571 - 332 3434 ext. 2440 |
| Número de fax | +571 - 332 3434 ext. 2378 |
| Sitio Web de la institución | http://www.minambiente.gov.co/ |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| TABLA DE CONTENIDO | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| RESUMEN EJECUTIVO | 8 |
| INTRODUCCIÓN | 9 |
| ANTECEDENTES | 10 |
| Generalidades del mercurio | 11 |
| Geoquímica | 11 |
| Efectos potenciales sobre la salud | 12 |
| MARCO LEGAL | 13 |
| Legislación para residuos y desechos peligrosos | 13 |
| Políticas nacionales | 13 |
| Legislación relacionada con límites permisibles del mercurio | 14 |
| Otras normas relacionadas | 14 |
| Impuestos y exenciones en cuanto a residuos peligrosos | 16 |
| Guías minero ambiental | 16 |
| Convenios internacionales | 16 |
| Convenio de Basilea | 16 |
| Convenio de Rotterdam | 16 |
| Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a nivel internacional SAICM | 16 |
| Comité Intergubernamental de Negociación sobre mercurio | 17 |
| METODOLOGÍA | 18 |
| Conformación de grupos y coordinación de trabajo | 18 |
| Recolección de información | 19 |
| Primaria | 19 |
| Secundaria | 19 |
| Identificación y cuantificación de categorías | 19 |
| Toma de muestras y análisis | 20 |
| Socialización de los resultados del inventario | 20 |
| Propuesta de plan de acción | 20 |

| | |
|--|-----------|
| CUANTIFICACIÓN DE ENTRADAS Y LIBERACIONES DE MERCURIO | 21 |
| Identificación de fuentes de liberación de mercurio | 21 |
| Resumen de las entradas y liberaciones de mercurio | 24 |
| Entradas | 24 |
| Liberaciones al ambiente | 27 |
| CONSUMO DE ENERGÍA | 30 |
| Combustión de carbón en grandes centrales de energía | 30 |
| Otros usos del carbón | 30 |
| Combustión y uso de coque de petróleo y crudos pesados | 31 |
| Combustión y uso de diesel, gasolina, petróleo y queroseno | 31 |
| Biomasa quemada para producción de energía y calor | 31 |
| Carbón de leña | 32 |
| PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES | 33 |
| Extracción y refinación de petróleo | 33 |
| Extracción y procesamiento de gas natural | 34 |
| PRODUCCIÓN PRIMARIA DE METALES | 35 |
| Extracción de oro sin amalgamación | 35 |
| Extracción de oro con amalgamación y sin uso de retorta | 37 |
| Producción primaria de metales ferrosos (hierro, producción de acero) | 38 |
| PRODUCCIÓN DE OTROS MATERIALES | 40 |
| Producción de cemento | 40 |
| Producción de pulpa y papel | 40 |
| PROCESOS Y PRODUCTOS CON USO INTENCIONAL DE MERCURIO | 42 |
| Producción de químicos | 42 |
| Producción de cloro álcali con tecnología de mercurio | 42 |
| Producción de monómeros de cloruro de vinilo (MCV) | 44 |
| Producción de productos con contenido de mercurio | 45 |
| Acumuladores y pilas eléctricas | 45 |
| Lámparas eléctricas y equipos de iluminación | 46 |

| | |
|--|-----------|
| USO Y DISPOSICIÓN DE PRODUCTOS Y SUSTANCIAS CON CONTENIDO DE MERCURIO | 47 |
| Empastes dentales de amalgamas | 48 |
| Pilas o baterías | 49 |
| Lámparas fluorescentes compactas (LFC) y otras bombillas fluorescentes | 50 |
| Interruptores eléctricos | 51 |
| Termómetros | 51 |
| Termómetros de mercurio para medir la temperatura corporal | 51 |
| Termómetros para fines institucionales de educación y usos médicos | 51 |
| Termómetros de usos industriales | 51 |
| Pinturas | 52 |
| Otros manómetros y medidores de mercurio | 53 |
| Laboratorios químicos y otros laboratorios y equipos médicos con mercurio | 53 |
| GESTIÓN Y RECICLAJE DE RESIDUOS | 55 |
| Producción de metales reciclados | 55 |
| Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero) | 55 |
| Incineración de residuos | 56 |
| Incineración de desechos municipales | 56 |
| Incineración de desechos peligrosos | 57 |
| Incineración de desechos médicos | 57 |
| Incineración de lodos cloacales | 58 |
| Quema de desechos a cielo abierto | 58 |
| Disposición de residuos rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales | 58 |
| Rellenos sanitarios/depósitos controlados | 58 |
| Vertederos informales de desechos | 60 |
| Sistemas de tratamiento de aguas residuales | 60 |
| CREMATARIOS Y CEMENTERIOS | 62 |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS | 64 |
| Entradas de mercurio | 64 |
| Liberaciones de mercurio | 66 |
| Análisis por categorías | 67 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| VACIOS DE INFORMACIÓN | 69 |
| PUNTOS CALIENTES | 71 |
| CONCLUSIONES | 72 |
| RECOMENDACIONES | 73 |
| DEFINICIÓN DE TÉRMINOS | 74 |
| SIGLAS Y UNIDADES EMPLEADAS | 76 |
| Siglas de instituciones | 76 |
| Siglas de productos | 76 |
| Unidades de medida | 76 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 77 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE LIBERACIÓN DE MERCURIO..... | 21 |
| TABLA 2. FUENTES ADICIONALES DE MERCURIO NO CUANTIFICADAS EN EL NIVEL 1 DEL INSTRUMENTAL..... | 23 |
| TABLA 3. CUANTIFICACIÓN DE ENTRADAS DE MERCURIO POR CATEGORÍAS..... | 24 |
| TABLA 4. CUANTIFICACIÓN DE LIBERACIÓN DE MERCURIO POR CATEGORÍAS..... | 27 |
| TABLA 5. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA COMBUSTIÓN DE CARBÓN EN GRANDES PLANTAS TERMOELÉCTRICAS..... | 30 |
| TABLA 6. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN OTROS USOS DE CARBÓN..... | 31 |
| TABLA 7. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA QUEMA DE BIOMASA..... | 32 |
| TABLA 8. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO..... | 33 |
| TABLA 9. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA REFINACIÓN DE PETRÓLEO..... | 33 |
| TABLA 10. EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE GAS NATURAL..... | 34 |
| TABLA 11. PRODUCCIÓN DE ORO EN COLOMBIA..... | 35 |
| TABLA 12. PRODUCCIÓN DE LAS EMPRESAS MÁS GRANDES DE ORO EN COLOMBIA..... | 36 |
| TABLA 13. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA EXTRACCIÓN DE ORO SIN AMALGAMACIÓN..... | 36 |
| TABLA 14. IMPORTACIÓN DE MERCURIO PARA LOS AÑOS 2007 A 2009..... | 37 |
| TABLA 15. EMPRESAS IMPORTADORAS DE MERCURIO METÁLICO EN EL AÑO 2009..... | 37 |
| TABLA 16. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA EXTRACCIÓN DE ORO CON AMALGAMACIÓN - SIN USO DE RETORTA..... | 38 |
| TABLA 17. PRODUCCIÓN DE HIERRO DURANTE LOS AÑOS 2004 A 2009..... | 38 |
| TABLA 18. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE METALES FERROSOS..... | 39 |
| TABLA 19. PRODUCCIÓN DE CEMENTO EN COLOMBIA DURANTE LOS AÑOS 2007 A 2009..... | 40 |
| TABLA 20. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO..... | 40 |
| TABLA 21. PRODUCCIÓN DE CEMENTO..... | 41 |
| TABLA 22. PRODUCCIÓN PARCIAL DE CLOROÁLCALI EN COLOMBIA..... | 43 |
| TABLA 23. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA PRODUCCIÓN DE CLORO-ÁLCALI..... | 43 |
| TABLA 24. COMERCIO DE MONÓMEROS DE CLORURO DE VINILO (VCM) EN COLOMBIA..... | 44 |
| TABLA 25. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA PRODUCCIÓN DE MONÓMEROS DE CLORURO DE VINILO..... | 45 |
| TABLA 26. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN AMALGAMAS DENTALES..... | 48 |
| TABLA 27. CUANTIFICACIÓN DE LIBERACIONES DERIVADAS DE LOS EMPASTES HACE 5 A 15 AÑOS..... | 49 |
| TABLA 28. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LAS BATERÍAS TIPO BOTÓN..... | 50 |
| TABLA 29. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN FUENTES DE LUZ CON MERCURIO..... | 50 |
| TABLA 30. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN INTERRUPTORES ELÉCTRICOS CON MERCURIO..... | 51 |
| TABLA 31. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN TERMÓMETROS..... | 52 |
| TABLA 32. OTROS MANÓMETROS Y MEDIDORES DE MERCURIO..... | 53 |
| TABLA 33. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LABORATORIOS QUÍMICOS..... | 54 |
| TABLA 34. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN OTROS LABORATORIOS MÉDICOS..... | 54 |
| TABLA 36. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA INCINERACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS..... | 57 |
| TABLA 37. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LA INCINERACIÓN DE DESECHOS MÉDICOS..... | 58 |
| TABLA 38. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO POR QUEMA DE DESECHOS A CIELO ABIERTO..... | 58 |
| TABLA 39. RELLENOS SANITARIOS/DEPÓSITOS CONTROLADOS..... | 59 |
| TABLA 40. VERTEDEROS INFORMALES DE DESECHOS..... | 60 |
| TABLA 41. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES..... | 61 |
| TABLA 42. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LOS HORNOS CREMATORIOS COLOMBIANOS..... | 63 |
| TABLA 43. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN LOS CEMENTERIOS COLOMBIANOS..... | 63 |
| TABLA 44. CUANTIFICACIÓN DE LAS LIBERACIONES DE MERCURIO EN COLOMBIA PARA EL AÑO 2009..... | 66 |

RESUMEN EJECUTIVO

En este inventario se cuantifican las liberaciones de mercurio, generadas en los diferentes sectores productivos y de servicios de Colombia, durante el año 2009. Para su realización se tomo como guía el instructivo propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, en inglés UNEP). Para facilitar la organización del documento, el inventario se ha dividido en las siguientes categorías: extracción y uso de combustibles como fuentes de energía; producción primaria (virgen) de metales; productos químicos; uso y disposición de productos con contenido de mercurio; producción de otros materiales; producción de metales reciclados (producción “secundaria” de metales); incineración de residuos; disposición de residuos, rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales; crematorios y cementerios. Adicional a esto se han determinado zonas potenciales de acumulación de mercurio, con base en las condiciones ambientales presentes y en las actividades económicas que allí se desarrollan, denominadas puntos calientes.

Los resultados obtenidos muestran que en el año 2009 la entrada de mercurio fue de 352,3 toneladas (t) y que las actividades que más aportan son: producción primaria de metales con 194,97 Ton/año; producción de químicos con 97,60 t/año; disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales con 57,81 t/año y uso y disposición de productos con contenido de mercurio (termómetros, interruptores eléctricos, fuentes de luz, Pilas) con 1,00 t/año.

En cuanto a las liberaciones de mercurio en el ambiente se observa que la matriz más afectada es el suelo, que recibe 151,65 t/año equivalente al 43,9% del total de las liberaciones, seguido por el aire con 74,42 t/año (21,5%); los tratamientos de desechos de sectores específicos con 45,40 t/año (13,1%); el agua con 31,26 t/año (9,0%); los subproductos e impurezas con 28,19 t/año (8,2%) y los desechos en general con 14,65 t/año (4,2%).

Los cálculos se hicieron con los factores de entrada y salida propuestos por el PNUMA y en algunos casos, como en el de la minería de oro artesanal y de pequeña escala (MAPE, ASGM en inglés), fue posible determinar valores propios del país. Los resultados obtenidos sirvieron de base para la formulación de una propuesta de plan de acción nacional que contempla estrategias para reducir, eliminar, prevenir y controlar la contaminación por mercurio en Colombia y el cual puede consultarse en los anexos del documento.

El Equipo Técnico Coordinador agradece a las instituciones, empresas y organizaciones que prestaron su apoyo para la elaboración del presente trabajo.

INTRODUCCIÓN

El mercurio constituye un desafío en la gestión de residuos especiales ya que el manejo inadecuado de los productos y procesos que lo contienen, aun en concentraciones traza, constituyen una fuente frecuente de contaminación ambiental, afectando las corrientes hídricas, el aire, el suelo. La preocupación mundial sobre el mercurio ha llevado a la formulación de mecanismos de control y mitigación, entre los que se encuentran: el Convenio de Basilea sobre el control de los Movimientos Transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, vigente en la comunidad Europea desde 1994 y el cual fue suscrito por Colombia en 1996, mediante la ley 253 y el Instrumento Jurídicamente Vinculante sobre Mercurio que pretende regular el uso y comercio del mercurio en todo el mundo. Este proceso que empezó en el año 2009 y entrará en vigor a partir del 2013, cuenta con un Comité de Negociación Internacional del cual hace parte Colombia. Así mismo, se han realizado estudios y documentos guía que han permitido establecer un diagnóstico de la problemática y han aportado herramientas para la cuantificación del uso y las liberaciones de mercurio dentro del sistema productivo.

En el año 2002 el PNUMA, en cooperación con el Programa Interinstitucional de Gestión Racional de los Productos Químicos (IOMC), publica la versión en inglés del documento “*Global Mercury Assessment Report*” (*Evaluación Mundial sobre el Mercurio*), en el cual se expone la problemática mundial relacionada a su uso y se plantean algunas iniciativas para controlar su liberación al ambiente. Para la elaboración de este documento se creó un grupo de trabajo integrado por miembros designados por los gobiernos, organizaciones intergubernamentales y organizaciones no gubernamentales. Al conocer los resultados de esta evaluación el PNUMA crea la Asociación Mundial sobre el Mercurio (*Global Mercury Partnership*) como mecanismo principal para el desarrollo de acciones inmediatas sobre el mercurio con el fin de proteger la salud humana y el ambiente mundial de las liberaciones de mercurio y sus compuestos mediante la reducción o eliminación de las liberaciones antropogénicas a nivel mundial.

En el año 2005, el PNUMA diseña el “*Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio*”, herramienta que tiene como objeto asistir a los países en el cálculo de las liberaciones de mercurio en el aire, agua, suelo, residuos, productos y tratamiento/disposición específica a partir de las diferentes fuentes, con el fin de evaluar los riesgos y tomar las medidas necesarias en los ámbitos regional, nacional y mundial. Este instrumento proporciona una metodología estandarizada y una base de datos que permiten hacer cálculos de liberaciones a nivel nacional y regional.

En el año 2007, Chile, Ecuador y Panamá, elaboraron sus inventarios nacionales de liberaciones de Mercurio. Los organismos encargados fueron la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA); el Ministerio del Ambiente y la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), respectivamente.

En Colombia la entidad que lidera la elaboración del Inventario Nacional de Mercurio es el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), cuya primera versión fue realizada por el Grupo de Investigación Diagnóstico y Control de la Contaminación (GDCON) de la Universidad de Antioquia mediante el contrato interadministrativo 07-2010.

ANTECEDENTES

Los niveles de mercurio en el ambiente se han incrementado considerablemente desde el inicio de la era industrial, convirtiéndose en una preocupación mundial debido a los efectos en salud que genera, especialmente cuando se presenta como metilmercurio $[CH_3Hg]^+$, especie química que puede acumularse en el cerebro causando graves daños al Sistema Nervioso Central y malformaciones genéticas. Actualmente, se estima que las liberaciones mundiales de mercurio son del orden de 6000 toneladas por año y provienen de actividades como la combustión de carbón, la refinación y combustión de petróleo y gas natural, la producción de cemento, acero y fosfatos, la industria de cloro álcali y la extracción de oro, entre otras [4].

Para Colombia la situación es preocupante ya que en el 2010 la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), publicó un informe en el cual se concluye que Colombia es el tercer país del mundo que más contamina con mercurio ya que libera entre 50 y 100 toneladas anuales en el proceso de extracción y amalgamación artesanal de oro [9]. Datos colectados por la Universidad de Columbia Británica (UBC, en inglés) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) muestran que en esta región se liberan entre 60 y 100 t Hg/año, siendo estas las concentraciones de mercurio más altas por persona en el mundo; el aire alcanza el millón de ng Hg/m³ dentro de las tiendas de oro cuando el límite de exposición pública es de 1000 ng /m³ [10]; un 46,3% del mercurio pulverizado en los molinos de bolas se pierde con las colas, es decir se libera al suelo y al agua [9]. En la zona urbana del Municipio de Segovia las concentraciones de mercurio en el aire varían entre 40.000 y 80.000 ng/m³ superando ampliamente el valor máximo permisible de 10 ng/m³ [11].

Otros estudios realizados en la Mojana muestran que algunas especies de peces que sustentan la dieta de las personas de la región presentan concentraciones de mercurio por encima de los valores máximos permisibles [5,6]. Así mismo, el Río Magdalena que surte de agua a las comunidades ribereñas capta las aguas del Río Bogotá, cuyas concentraciones de metales pesados están por encima de los niveles máximos permitidos; los vertimientos de un parque industrial diversificado que comprende industrias de equipos eléctricos, metalúrgicas, manufactureras, petroquímicas y curtiembres, entre otras, y los residuos de los fertilizantes y plaguicidas que llegan por arrastre a su cauce [7].

En la región de la Orinoquía colombiana, el crecimiento de la minería aurífera en los últimos 15 años, ha generado un problema de salud pública debido al uso del mercurio, durante el proceso de amalgamación del oro, en ambientes laborales precarios y a la falta de conocimiento del riesgo que este representa. Los valores que se han reportado son: en sangre, oscilaron entre 6,9 y 168 $\mu\text{g/L}$ para mineros y entre 17,7 y 100,8 $\mu\text{g/L}$ para individuos indirectamente expuestos; en cabello las concentraciones están entre 3 y 89,2 $\mu\text{g/L}$ y entre 2,8 y 48,7 $\mu\text{g/L}$, respectivamente [12].

En el sur de Bolívar los resultados de los análisis de mercurio revelan que la presencia de mercurio aumenta en el siguiente orden: buchón de agua < peces fitoplanctónicos < peces carnívoros < humanos. Esto es un ejemplo del proceso de biomagnificación a través de la cadena trófica, en el cual las plantas acuáticas que se fijan al sedimento captan el mercurio biodisponible en el agua y el sedimento; los animales y los humanos que se alimentan directa e indirectamente de esas plantas biomagnifican las concentraciones de mercurio hasta alcanzar valores tóxicos[4].

En la Bahía de Cartagena, un estudio reveló que las concentraciones de mercurio en cabello oscilan entre 0,1 y 21,8 $\mu\text{g/g}$ y que las mayores concentraciones en los cangrejos, cuyo valor medio es igual al umbral de

riesgo recomendado por la EPA, se encontraron en los individuos que viven al frente de una planta de cloro álcali abandonada y que sirven de fuente de alimento a la población [13].

Pese a lo anterior, el país no tiene un diagnóstico de las fuentes antropogénicas y productos que contienen mercurio, de la de la cantidad de unidades existentes ni de la cantidad de mercurio que contienen. De ahí, la necesidad de elaborar este primer inventario que constituye una aproximación a la cuantificación de liberaciones antropogénicas de mercurio. Los resultados aquí presentados deben analizarse teniendo en cuenta los vacíos de información existentes en los diversos sectores. En la medida que se implementen sistemas de monitoreo, a nivel nacional, para los diferentes sectores productivos este inventario se podrá ir detallando y mejorando y podrá tenerse una idea más exacta de la realidad nacional.

GENERALIDADES DEL MERCURIO

El Mercurio es el único metal líquido a temperatura ambiente; es de color blanco plateado; con densidad de 13.534 g/cm³; punto de fusión de -38.86 °C; comparado con otros metales es un mal conductor de calor y buen conductor eléctrico. Forma fácilmente aleaciones o amalgamas con el oro, la plata y el estaño, razón por la cual es ampliamente utilizado en el beneficio de estos. La fuente natural de mercurio más importante a nivel económico es el cinabrio, un sulfuro cuyo contenido de mercurio alcanza el 85% y la principal fuente antropogénica la constituyen los residuos industriales que se acumulan en los cuerpos de agua, los sedimentos y la atmósfera [14].

Geoquímica

El mercurio puede liberarse de manera natural, por procesos como la degradación de las rocas y los suelos, las erupciones volcánicas o de manera antropogénica, mediante algunas actividades industriales que lo utilizan o generan en sus procesos productivos.

Por su carácter metálico, no se degrada ni se descompone sino que cambia su estado o especie química, siendo las especies orgánicas las más tóxicas debido a su capacidad de acumulación en los tejidos blandos de los seres vivos. Puede ser transportado por los sedimentos, el agua y el viento, durante largas distancias generando un problema de contaminación regional, aunque las liberaciones sean locales [15].

Las sales más importantes son: el cloruro mercúrico (HgCl₂), cloruro mercurioso (Hg₂Cl₂), fulminato de mercurio (Hg(ONC)₂) y el sulfuro mercúrico (HgS); además, los compuestos orgánicos de mercurio, como dimetilmercurio, fenilmercurio, etilmercurio y metilmercurio, son considerados altamente tóxicos y por lo tanto perjudiciales para la salud humana y el ambiente. El metilmercurio, por ejemplo, que se acumula en lagos y ríos, y posteriormente en los tejidos blandos, principalmente en el cerebro, de los peces depredadores de agua salada y dulce como el tiburón; el pez espada; algunas especies de atún, que se suelen vender frescos o congelados, y en los mamíferos marinos [16]. La metilación o demetilación del mercurio genera un cambio en la especie química, este proceso puede darse por la acción de bacterias y hongos que convierten las especies inorgánicas en orgánicas y viceversa.

Es importante recalcar que debido a su toxicidad, el mercurio debe manipularse bajo estrictas normas de seguridad por lo que es recomendable contar con la asesoría de un profesional en química o laboratorio de salud pública calificado para su eliminación y almacenamiento. Si se va a manipular mercurio se debe tener en cuenta que los contenedores estén bien cubiertos y no tengan rupturas de ningún tipo; evitar derrames accidentales o vertimientos incontrolados en el ambiente; hacer la quema utilizando equipos que impidan su liberación directa al aire o en lugares bien ventilados [17].

Efectos potenciales sobre la salud

Los efectos sobre la salud dependen de la vía de ingreso al organismo: inhalación, ingesta o contacto con la piel; la dosis y el tiempo de exposición; la edad y el sexo, siendo el feto y las mujeres más susceptibles; el estado de salud, la raza y el peso de la persona expuesta y la especie química del metal: elemental, orgánica o inorgánica. Por ejemplo, si una persona ingiere accidentalmente mercurio elemental líquido por el rompimiento de un termómetro, el mercurio se absorbe poco. Sin embargo, el vapor producido en ese derrame será más fácilmente absorbido por el cuerpo, generando problemas de salud más severos. A mayores concentraciones, el vapor de mercurio puede causar daños en la boca, el tracto respiratorio y los pulmones, y puede provocar la muerte por insuficiencia respiratoria [19]. El mercurio en forma de vapor, líquido y metilmercurio se consideran de más fácil absorción que las sales de mercurio inorgánico y, por consiguiente, pueden causar un mayor daño. [18].

El metilmercurio es absorbido por el tracto digestivo y se distribuye por todo el cuerpo, se bioacumula fácilmente en el cerebro, donde puede permanecer durante un largo periodo de tiempo. En una mujer embarazada puede cruzar la placenta hacia el feto, acumulándose en el cerebro y tejidos de este y causando daños en el sistema nervioso central o malformaciones; también puede llegar al bebé por la leche materna.

El mercurio inorgánico puede causar insuficiencia renal y daño gastrointestinal. Las sales de mercurio son irritantes y pueden causar ampollas y úlceras en los labios y la lengua. Sarpullidos, sudoración excesiva, irritabilidad, temblores musculares, debilidad y alta presión arterial son otros síntomas de una exposición elevada [20].

En condiciones normales las personas no están en riesgo de envenenamiento por mercurio. Sin embargo, la exposición a niveles elevados puede provocar erupciones cutáneas, problemas mentales, malformaciones físicas del feto e incluso la muerte en casos de intoxicación extrema. En los niños, dependiendo del nivel de exposición al mercurio, puede presentarse una disminución en el coeficiente intelectual, en el desarrollo del sistema nervioso, retraso en el caminar y el hablar, falta de coordinación, ceguera y convulsiones. En los adultos, la exposición extrema puede conducir a cambios en la personalidad, temblores, cambios en la visión, sordera, pérdida de coordinación muscular, sensibilidad y memoria, deterioro intelectual, e incluso la muerte [21].

Las personas que consumen grandes cantidades de peces, mamíferos marinos y animales depredadores contaminados con mercurio, como parte de su dieta diaria, aumentan su nivel de exposición y por ende el riesgo de intoxicación. De igual manera los niños, que tienden a llevarse objetos a la boca, pueden aumentar su ingesta de mercurio a través de los objetos y suelos contaminados [22].

MARCO LEGAL

Los fundamentos legislativos en política ambiental están dados básicamente por:

- El Decreto 2811 de 1974 que dicta el Código Nacional de Recursos Naturales.
- La Ley 9 de 1979 por la cual se dictan medidas sanitarias, sanciones y prohibiciones.
- El Código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- La Constitución Nacional de 1991.
- La Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente.

LEGISLACIÓN PARA RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS

Decreto 4741 de 2005 por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

Ley 1252 de 2008, por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones. Esta Ley tiene por objeto regular, dentro del marco de la gestión integral y velando por la protección de la salud humana y el ambiente, todo lo relacionado con la importación y exportación de residuos peligrosos en el territorio nacional, según lo establecido en el Convenio de Basilea.

Resolución 1297 de 2010 por el cual se establece los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de pilas y/o acumuladores y se adoptan otras disposiciones.

POLÍTICAS NACIONALES

Política ambiental para la gestión de residuos o desechos peligrosos de 2005, presenta objetivos y metas hasta el 2018 y un plan de acción hasta el 2010. El desafío más grande que tiene esta política, es desarrollar esquemas que resuelvan los graves problemas que conllevan la generación y el manejo inadecuado de los residuos peligrosos; atiendan la necesidad que tiene el país de un desarrollo sostenible, incluyente y equitativo; que reduzca los niveles de pobreza; que fomente la creación de fuentes de ingresos y de empleos; que eleve la competitividad de los sectores y que mejore el desempeño ambiental de todos los actores y sectores sociales que generan y manejan residuos peligrosos.

La política nacional de producción más limpia, formulada en 1997 por el Ministerio del Medio Ambiente, está orientada hacia la prevención y minimización de los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial, a partir de la introducción de la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío de largo plazo. Su implementación busca: optimizar el consumo de los recursos naturales y las materias primas; aumentar la eficiencia energética y utilizar energéticos más limpios; prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes; prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas; adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental y minimizar y aprovechar los residuos [23].

LEGISLACIÓN RELACIONADA CON LÍMITES PERMISIBLES DEL MERCURIO

Decreto 1594 de 1984, por el cual se reglamenta usos del agua y residuos líquidos:

Art. 38. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional: Mercurio 0,002 mg/L

Art. 39. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solo desinfección: Valor de referencia Mercurio 0,002 mg/L

Art. 41. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario, para el Mercurio 0,01 mg/L.

Decreto 1575 de 2007, Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Reemplaza al Decreto 475 de 1998.

Resolución 2115 de 2007, por el cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Mercurio 0,001 mg/L.

OTRAS NORMAS RELACIONADAS

Decreto 2104 de 1983, por el cual se reglamenta los residuos sólidos.

Resolución 2309 de 1986, por el cual se reglamentan los residuos sólidos especiales.

Decreto 0283 de enero 30 de 1990, por el cual se reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte, distribución de combustibles líquidos derivados del Petróleo y el transporte por carro tanques de Petróleo Crudo.

Decreto 1753 de 1994, por el cual se reglamenta las licencias ambientales.

Ley 253 de 1996, por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989.

Ley 430 de 1998, por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 321 de 1999, por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia para atender eventos de derrame de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.

Decreto 838 de 2000, por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 2676 de 2000, emitido por el Presidente de la República de Colombia, por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.

Ley 685 de 2001, por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.

Decreto 2676 de 2000, emitido por el Presidente de la República de Colombia, por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.

Decreto 2763 de 2001, por el cual se reglamenta la gestión integral los residuos hospitalarios y similares.

Resolución 0970 del 30 de octubre de 2001, por la cual se establecen los requisitos, las condiciones y los límites máximos permisibles de emisión, bajo las cuales se debe realizar la eliminación de plásticos contaminados con plaguicidas en hornos de producción de clinker de plantas cementeras.

Decreto 1609 de 2002, por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera en automotores, en todo el territorio nacional, con el fin de minimizar los riesgos, garantizar la seguridad y proteger la vida y el ambiente.

Decreto 1713 de 2002, por el cual se reglamenta la disposición final de residuos sólidos.

Resolución 1164 de 2002, por la cual se adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares, del Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Salud.

Decreto número 1443 de 2004, por el cual se reglamenta parcialmente el manejo de plaguicidas y desechos o desechos provenientes de los mismos, con el fin de prevenir y controlar la contaminación ambiental.

Resolución 0458 del 27 de mayo de 2002, por la cual se establecen los requisitos, las condiciones y los límites máximos permisibles de emisión, bajo los que se debe realizar la eliminación de tierras y/o materiales similares contaminados con plaguicidas, en hornos de producción de clinker de plantas cementeras.

Decreto 4741 de 2005, por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

Decreto 838 de 2005, por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 4126 del 2005, por el cual se modifica parcialmente el decreto 2676 de 2000, modificado por el decreto 2763 de 2001 y el decreto 1669 de 2002, sobre la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.

Resolución 1446 del 5 de octubre de 2005, por la cual se modifica parcialmente la Resolución 415 del 13 de marzo de 1998, que establece los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desecho o usados y las condiciones técnicas para realizar la misma.

Resolución 694 de 2006, por la cual se adopta el procedimiento para la aceptación de laboratorios ambientales que realizan caracterización de residuos peligrosos.

Resolución 1402 de 2006, por la cual se desarrolla parcialmente el decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos.

Decreto 2570 de 2006, por el cual se adiciona el Decreto 1600 de 1994 y se dictan otras disposiciones.

Resolución 0043 de 2007, por la cual se establecen los estándares generales para el acopio de datos, procesamiento, transmisión y difusión de información para el Registro de Generadores de Residuos Peligrosos.

Resolución 0062 de 2007, por la cual se adoptan los protocolos de muestreo y análisis de laboratorio para la caracterización fisicoquímica de los residuos o desechos peligrosos en el país.

Resolución 693 de 2007, por la cual se establecen criterios y requisitos que deben ser considerados para los Planes de Gestión de Devolución de Productos Postconsumo de Plaguicidas.

Resolución 1362 de 2007, la cual establece los requisitos y el procedimiento para el registro de generadores de residuos o Desechos peligrosos.

Resolución 909 de 2008, para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas.

Ley 1382 de 2010 mediante la cual se modifica la Ley 685 de 2001.

IMPUESTOS Y EXENCIONES EN CUANTO A RESIDUOS PELIGROSOS

Ley 788 de 2002, introduce modificaciones al Estatuto Tributario, entre ellas dos incentivos para proyectos de reducción de gases de efecto invernadero. Se puede articular con otras exenciones tributarias asociadas al componente de mejoramiento ambiental (Ley 424 de 1998, por la cual se ordena el seguimiento a los convenios internacionales suscritos por Colombia y la Ley 6 de 1992 por la que se expiden normas en materia tributaria, se otorgan facultades para emitir títulos de deuda pública interna, se dispone un ajuste de pensiones del sector público nacional)

Decreto 3172 de 2003 sobre inversiones en control del medio ambiente, siempre y cuando las inversiones correspondan al plan de desarrollo de planes y políticas ambientales nacionales previstas en el Plan Nacional de desarrollo y/o formulados por el Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo territorial o estén incluidos en la implementación de planes ambientales regionales (incluidos, bienes y equipos).

Resolución 0136 de 2004 en la cual se explica el procedimiento para solicitar certificación de las autoridades ambientales.

GUÍAS MINERO AMBIENTAL

Estas guías, realizadas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Minas y Energía, buscan mejorar las prácticas ambientales del sector minero acorde a lo estipulado en la Ley 685 de 2001. Su creación e implementación se estipula en el Código de Minas.

CONVENIOS INTERNACIONALES

Los acuerdos internacionales que regulan la gestión ambiental de los productos químicos durante su ciclo de vida, en especial de los desechos peligrosos, y a los cuales está suscrita Colombia son:

Convenio de Basilea

Busca controlar los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Fue aprobado en 1989 en respuesta a las preocupaciones que suscitaba la movilización de los desechos peligrosos, desde los países industrializados hasta los países en desarrollo, los cuales no tienen capacidad para su disposición y/o almacenamiento. Colombia ratificó este convenio mediante la Ley 253 de 1996.

Convenio de Rotterdam

El objetivo de este convenio es promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de los países, en el ámbito del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el ambiente de posibles daños y contribuir a su utilización adecuada. Este convenio está en proceso de ratificación por parte de Colombia.

Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a nivel internacional SAICM

Es una declaración de alto nivel que reafirma el compromiso expresado por la Cumbre Mundial, en su Plan de Aplicación de Johannesburgo, sobre el Desarrollo Sostenible. Busca minimizar los efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente, derivados de la producción y utilización de productos químicos.

Comité Intergubernamental de Negociación sobre mercurio

Este comité se propuso en la sesión N° 25, año 2009, del Consejo de Administración del PNUMA (Programas de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) para que se encargue de elaborar un instrumento jurídicamente vinculante sobre el mercurio que entraría en vigencia en el año 2013. Actualmente se está discutiendo la estructura y contenido del instrumento.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del Inventario de Emisiones de Mercurio, se ha aplicado la metodología definida en el Instrumental para la Identificación y Cuantificación de liberaciones de Mercurio elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Adicionalmente la Universidad de Antioquia, contratada para elaborar el inventario, hizo algunos ajustes con el fin de poder adquirir y sociabilizar la información necesaria.

CONFORMACIÓN DE GRUPOS Y COORDINACIÓN DE TRABAJO

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), realizó un contrato con la Universidad de Antioquia, mediante el cual se definían los términos para la elaboración de este inventario. Posterior a la firma del contrato se estableció la sede de trabajo en las instalaciones del Grupo de Investigación Diagnóstico y Control de la Contaminación (GDCON) ubicadas en la ciudad de Medellín, Antioquia.

El grupo de trabajo en Medellín fue coordinado por Gustavo Peñuela y estuvo integrado por:

| Nombre | Tema desarrollado |
|---------------------------------|--|
| Lisys M. León | Producción y uso de combustibles/fuentes de energía |
| Juan Carlos Arango | Producción de metales y metales reciclados |
| Mauricio Ríos Diana Arroyave | Producción de materias primas y productos químicos |
| Daniel León Claudio Jiménez | Procesos y producción de productos de consumo con uso intencional de mercurio; uso y disposición de productos y sustancias con contenido de mercurio |
| Luz Dary Arboleda | Disposición de residuos rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales |
| Mónica Jaramillo Gallego | Incineración de residuos, hornos crematorios y cementerios |

Por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se contó inicialmente con la coordinación de Elías Pinto, Coordinador del Grupo de Minería de la Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible y a partir del 15 de octubre del 2010, fue la geóloga Ana María Rojas, contratista del Grupo de Minería - tema de mercurio, quien realizó las evaluaciones de los dos últimos informes.

Para los fines de coordinación se realizaron reuniones en Bogotá, en las instalaciones del Ministerio y en Medellín, en la sede de trabajo de GDCON. En las primeras reuniones se contó con la participación de todo el grupo de trabajo ya que estas tenían como objeto definir las directrices de trabajo. En las últimas reuniones se hicieron los ajustes de contenido y por ello sólo se contó con la presencia de Ana María Rojas, Gustavo Peñuela, Daniel León y Mónica Jaramillo.

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El proceso de adquisición de información se hizo mediante consulta directa a los diferentes sectores productivos, a entidades públicas y privadas que tuvieran competencia con el tema, a páginas de internet especializadas y a los catálogos de bibliotecas.

Primaria

Esta información corresponde a los datos entregados por las empresas de los diferentes sectores productivos y de servicios, teniendo en cuenta el listado de categorías del instrumental PNUMA (2010). La solicitud de información a las 166 empresas contactadas se realizó vía telefónica y correo electrónico. La solicitud de información se hizo a 166 empresas de todo el país, de las cuales 46 aportaron información útil o parcialmente útil.

Secundaria

La información secundaria se extrajo de las bases de datos de los Ministerios, el Instituto Colombiano del petróleo [24], la Agencia Nacional de Hidrocarburos [25], la Federación Nacional de Comerciantes [26], la Unidad de Planeación Minero Energética, la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), INGEOMINAS y diferentes instituciones académicas, se recopiló información secundaria.

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE CATEGORÍAS

La identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio para las diferentes categorías se hizo con base en la matriz de entradas y liberaciones del instrumental del PNUMA, en la cual se detallan los cálculos a realizar; los valores internacionales de los factores de entrada y salida de mercurio para cada categoría; las vías de liberación y sus respectivos factores de distribución que varían dependiendo del actividad industrial y del medio (aire, agua, suelo, productos, residuos generales y tratamiento o disposición específica) en el cual se libere.

Los factores de entrada y distribución se calculan a partir de los balances de masa realizados en estudios e investigaciones de mercurio a nivel mundial, cuyos valores pueden diferir de la realidad nacional, por lo que los resultados obtenidos en este documento constituyen una primera aproximación que debe afinarse en la medida que se vaya obteniendo información primaria.

El instrumental sugiere dos niveles de cuantificación de mercurio: el **nivel 1** que tiene una metodología simplificada y estandarizada, en la cual los resultados obtenidos son valores promedio sin intervalo de incertidumbre y el **nivel 2** cuya cuantificación es más detallada y discriminada. Ambos niveles cuentan con plantillas de cálculo en Excel, en las cuales se discriminan las categorías y sub-categorías y los valores por defecto para los factores de entrada y de salida. Para la elaboración de este inventario se usó el nivel 1 debido a los vacíos de información encontrados (capítulo vacíos de información).

La cuantificación de la entrada y las liberaciones de mercurio se realizó de la siguiente manera:

Entrada estimada = Tasa actividad (Ton/año) * Factor de entrada (Kg Hg/Ton)

Liberaciones = Entrada estimada de mercurio (Kg Hg) * Factor de distribución a las diferentes matrices (suelo, aire, agua, productos; residuos generales y tratamiento o disposición específica).

Toma de muestras y análisis

Se realizaron análisis de mercurio a muestras líquidas y sólidas de materia prima, producto terminado y residuos (Anexo F), de diferentes sectores productivos y de servicios.

El muestreo realizado es de tipo puntual lo que implica que los resultados obtenidos deben tomarse con precaución ya que no pueden extrapolarse al nivel nacional. Sin embargo, sirven como una primera línea base local para algunos sectores industriales del país y complementan la información primaria y secundaria colectada.

Las muestras de mercurio fueron analizadas en el laboratorio del Grupo GDCON de la Universidad de Antioquia, utilizando el método de Espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío. Este laboratorio fue inicialmente acreditado por el IDEAM mediante la resolución N° 0219 del 20 de septiembre de 2005 y en el año 2008 le renovaron la acreditación, hasta el 03 de octubre del 2011, mediante resolución N° 0339 del 1 de octubre [27].

Socialización de los resultados del inventario

Para la socialización de los resultados se realizaron talleres en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga y Cartagena, a los cuales asistieron los diferentes sectores productivos y de servicios. (Anexo E).

Propuesta de plan de acción

A partir de los resultados obtenidos se propone un plan de acción para reducir, eliminar, prevenir y controlar la contaminación por mercurio en Colombia. Este plan incluye cinco estrategias: fortalecimiento interinstitucional, vigilancia y control, concientización, educación y comunicación, mejoramiento técnico y competitivo, y gestión del conocimiento. Cada estrategia consta de líneas de acción, indicadores y responsables, estos últimos establecidos con el fin de garantizar la continuidad de los procesos y acciones e integrar esfuerzos institucionales.

CUANTIFICACIÓN DE ENTRADAS Y LIBERACIONES DE MERCURIO

Para la elaboración de un inventario normalizado de fuentes de mercurio se requiere identificar las principales fuentes, las principales rutas de liberación para cada categoría y los procesos o subcategorías existentes en el país. Para el caso colombiano se han tomado las fuentes y matrices contempladas en el Instrumental del PNUMA [28].

Los datos de las entradas y liberaciones presentadas en este capítulo permiten conocer las fuentes que mayor cantidad de mercurio liberan al ambiente y por lo tanto ayudan a priorizar la toma de decisiones. Así mismo, sirve como una primera aproximación al diagnóstico de la situación nacional del mercurio en el país y como una herramienta de monitoreo ya que su actualización periódica muestra la efectividad de las gestiones implementadas frente al tema de la reducción de mercurio, los avances de las metas nacionales establecidas y el cumplimiento o no de los compromisos internacionales.

IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE LIBERACIÓN DE MERCURIO

Se pudo identificar que en Colombia no se encuentra la categoría de “Producción de productos con contenido de mercurio” y que las categorías de mayor impacto, por ser aquellas cuyas subcategorías aplican en su totalidad son la producción de combustibles, Incineración de residuos, disposición de residuos / rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales y crematorios y cementerios.

A continuación (Tabla 1) se listan las principales categorías de fuentes, con sus respectivas categorías y subcategorías indicadas en el instrumental del PNUMA y se indica la presencia o ausencia de cada una de ellas en el país.

Tabla 1. Identificación de fuentes de liberación de mercurio

| CATEGORÍAS | SUB-CATEGORÍAS | PRESENCIA EN COLOMBIA |
|---------------------------------------|--|-----------------------|
| <u>Consumo de energía</u> | Combustión de carbón en grandes centrales de energía | S |
| | Otros usos del carbón | N |
| | Combustión y uso de coque de petróleo y crudos pesados | N |
| | Combustión y uso de diesel, petróleo y queroseno | S |
| | Biomasa quemada para producción de energía y calor | N |
| | Carbón de leña | ? |
| <u>Producción de combustibles</u> | Extracción de petróleo | S |
| | Refinación de petróleo | S |
| | Extracción y procesamiento de gas natural | S |
| <u>Producción primaria de metales</u> | Extracción primaria y procesamiento de mercurio | N |
| | Producción de zinc desde concentrados | N |
| | Producción de cobre a partir de concentrados | N |
| | Producción de plomo desde concentrados | S |
| | Extracción de oro mediante procesos distintos de la amalgamación de mercurio | S |
| | Producción de aluminio o alúmina desde la bauxita | S |
| | Producción Primaria de metales ferrosos (hierro, acero) | S |

| CATEGORÍAS | SUB-CATEGORÍAS | PRESENCIA EN COLOMBIA |
|---|--|-----------------------|
| | Extracción de oro mediante amalgamación con mercurio sin uso de retortas | S |
| | Extracción de oro mediante amalgamación con mercurio con uso de retortas | S |
| <u>Producción de otros materiales</u> | Producción de cemento | S |
| | Producción de pulpa y papel | S |
| <u>Producción de químicos</u> | Producción de Cloroálcali con celdas de mercurio | S |
| | Producción monómeros de cloruro de vinilo usando tecnología con mercurio | ? |
| | Producción de acetaldehído usando mercurio como catalizador | ? |
| <u>Producción de productos con contenido de mercurio</u> | Termómetros (médicos, aire, laboratorio, industriales) | N |
| | Interruptores eléctricos y relé con uso intencional de mercurio | ? |
| | Fuentes de luz con mercurio (fluorescentes, compactas, otros) | N |
| | Baterías con mercurio | N |
| | Manómetros y medidores de mercurio | N |
| | Biocidas y pesticidas con mercurio | N |
| | Pinturas con mercurio | N |
| | Crema y jabones para el cuidado de la piel con mercurio | N |
| <u>Uso y disposición de productos con contenido de mercurio</u> | Empastes dentales de amalgama | S |
| | Termómetros | S |
| | Interruptores eléctricos | S |
| | Fuentes de luz con mercurio | S |
| | Baterías con mercurio | ? |
| | Poliuretano (PU, PUR) producido con catálisis de mercurio | N |
| | Pinturas con mercurio como preservante | N |
| | Cuidado de la piel crema y jabones con productos químicos de mercurio | ? |
| | Tensiómetros médicos | S |
| | Otros manómetros y medidores de mercurio | S |
| | Laboratorios químicos | S |
| | Otros laboratorios y equipos médicos con mercurio | S |
| <u>Producción de metales reciclados</u> | Producción de mercurio reciclado ("producción secundaria") | S |
| | Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero) | S |
| <u>Incineración de residuos</u> | Incineración de residuos municipales/generales | S |
| | Incineración de residuos peligrosos | S |
| | Incineración de residuos médicos | ? |
| | Incineración de lodos cloacales | S |
| | Quema de residuos a cielo abierto(en rellenos sanitarios informales) | S |
| <u>Disposición de residuos/ rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales</u> | Rellenos sanitarios/depositos controlados | S |
| | Vertederos informales de residuos | S |
| | Sistemas de tratamiento de aguas residuales | S |
| <u>Crematorios y cementerios</u> | Crematorios | S |
| | Cementerios | S |

NOTA. Las sub-categorías cuya presencia en el país se marca con un signo de interrogación, corresponden a aquellas que presentan vacíos de información y, aún sabiendo que están presentes, no fue posible cuantificarlas.

Adicional a lo anterior existen otras fuentes de liberación de mercurio que no han sido cuantificadas en el nivel 1 del instrumental del PNUMA, pero que es importante tener en cuenta para futuros trabajos relacionados con la actualización de este documento inventario. La presencia (S) / ausencia (N), y Las categorías cuya presencia en el país se marca con un signo de interrogación (?), corresponden a aquellas que presentan vacíos de información; estas categorías en el país se muestra a continuación:

Tabla 2. Fuentes adicionales de mercurio no cuantificadas en el nivel 1 del instrumental

| CATEGORÍA DE FUENTE | PRESENCIA EN EL PAÍS |
|---|----------------------|
| Combustión de pizarra bituminosa | N |
| Combustión de turba | N |
| Producción de energía geotérmica | N |
| Producción de otros metales reciclados | S |
| Producción de cal | S |
| Producción de agregados livianos (piezas de barro quemado para construcción) | S |
| Cloruro e hidróxido de sodio producido a través de la tecnología de celda-mercurio | S |
| Producción de poliuretano con catalizador de mercurio | ? |
| Recubrimiento de semillas con químicos de mercurio | N |
| Semi-conductores con detección infrarroja | S |
| Tubos Bougie y tubos Cantor (médicos) | S |
| Usos educacionales | S |
| Giroscopios con mercurio | S |
| Bombas de vacío con mercurio | S |
| Mercurio usado en rituales religiosos (amuletos y otros usos) | N |
| Mercurio usado en medicinas tradicionales (ayurvédica y otros) y en medicina homeopática | N |
| Uso de mercurio como refrigerante para ciertos sistemas de enfriamiento | N |
| Faros (nivelando los rodamientos para las luces de navegación) | S |
| Mercurio en los rodamientos de gran tamaño en las partes mecánicas rotativas por ejemplo en plantas de tratamiento de aguas residuales más antiguas | S |
| Lociones bronceadoras | N |
| Pigmentos | N |
| Productos para el oscurecimiento y gravado de acero | S |
| Ciertos tipos de papel de color para fotografía | S |
| Suavizadores de arranque para rifles | S |
| Explosivos (por ejemplo fulminato de mercurio) | S |
| Fuegos artificiales | S |
| Juguetes | N |

RESUMEN DE LAS ENTRADAS Y LIBERACIONES DE MERCURIO

Las entradas de mercurio a la sociedad (Tabla 3.) fueron calculadas, para cada subcategoría, multiplicando la Tasa actividad (t/año) reportada en Colombia por el Factor de entrada (Kg Hg/t) dado por el PNUMA.

Para evitar la duplicación de información en la cuantificación de entradas y liberaciones de mercurio se han realizado los siguientes ajustes [28]:

- En las categoría de incineración de desechos y deposición de desechos/relleno sanitario y tratamiento de aguas residuales solamente se tuvo en cuenta el 10% de la entrada total de mercurio ya que este porcentaje representa lo que no se ha cuantificado de manera individual en las respectivas subcategorías.
- En la sumatoria de las liberaciones se ha excluido el aporte de mercurio al suelo proveniente de la subcategoría de vertederos informales, ya que la cantidad de mercurio que aportan los diferentes desechos fue cuantificada de manera individual en cada subcategoría.
- Para evitar la doble contabilidad, la entrada y la liberación al agua provenientes del sistema/tratamiento de aguas residuales se han sustraído de forma automática de los totales ya que las cantidades estimadas de entrada y liberación al agua incluyen cantidades de mercurio que también se han tenido en cuenta en cada categoría de fuente.

Entradas

Mediante la cuantificación de entradas de mercurio se pudo establecer que las principales subcategorías son: la extracción de oro (194,960 kg Hg/año); la industria de cloro álcali (50.917 Kg Hg/año); la producción de monómeros de vinilo (46.680 Kg Hg/año) y termómetros (26.593 kg Hg/año).

Tabla 3. Cuantificación de entradas de mercurio por categorías

| CATEGORÍA SUBCATEGORÍA DE FUENTE | PRESENCIA EN COLOMBIA | TASA DE ACTIVIDAD | UNIDAD DE LA TASA DE ACTIVIDAD | ENTRADA ESTIMADA (Kg Hg/año) |
|--|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Consumo de energía | | | | |
| Combustión de carbón en plantas de energía grandes | S | 1.822.500,00 | t carbón quemado/año | 492,08 |
| Otros usos del carbón | S | 1.822.500,00 | t carbón usado/año | 492,08 |
| Combustión/uso de coque de petróleo y aceite pesado | ? | 0,00 | t aceite producido quemado/año | ? |
| Combustión/uso de diesel, gasóleo, petróleo, kerosene | ? | 0,00 | t aceite producido quemado/año | ? |
| Combustión/uso de gas natural, primas o pre-limpieza | ? | 0,00 | Nm ³ gas/año | ? |
| Combustión/uso de gas natural, gasoducto (calidad de los consumidores) | ? | 0,00 | Nm ³ gas/año | ? |
| Plantas de quema de biomasa y producción de calor | S | 9.436.000,00 | t biomasa quemada/año (peso seco) | 283,08 |
| Combustión de carbón vegetal | ? | 0,00 | t carbón vegetal quemado/año | ? |
| Producción de combustibles | | | | |
| Extracción petróleo crudo | S | 33.063.525,00 | t petróleo crudo producido/año | 1.818,49 |
| Refinamiento de petróleo | S | 12.629.787,00 | t aceite refinado/año | 694,64 |
| Extracción y procesamiento de gas natural | S | 10.057.000.000 | Nm ³ gas/año | 1.005,70 |

| CATEGORÍA SUBCATEGORÍA DE FUENTE | PRESENCIA EN COLOMBIA | TASA DE ACTIVIDAD | UNIDAD DE LA TASA DE ACTIVIDAD | ENTRADA ESTIMADA (Kg Hg/año) |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Producción primaria de metales | | | | |
| Extracción de mercurio (primario) y procesamiento inicial | N | 0,00 | t de mercurio producido/año | - |
| Producción de zinc proveniente de concentrados | N | 0,00 | t de concentrado usado/año | - |
| Producción de cobre proveniente de concentrados | N | 0,00 | t de concentrado usado/año | - |
| Producción de plomo proveniente de concentrados | N | 0,00 | t de concentrado usado/año | - |
| Extracción de oro por otros métodos que no sea la amalgamación de Hg | S | 2.192.000,00 | t mineral de oro usado/año | 120.560,00 |
| Producción de alúmina proveniente de la bauxita (producción de aluminio) | N | 0,00 | t bauxita procesada/año | - |
| Producción primaria de metales ferrosos (hierro, producción de acero) | S | 280.772,00 | t arrabio producido/año | 14,04 |
| Extracción de oro con amalgamación de mercurio - sin uso de retorta | S | 37.200,00 | kg oro producido/año | 74.400,00 |
| Extracción de oro con amalgamación de mercurio - con uso de retortas | ? | 0,00 | kg oro producido/año | ? |
| Otros materiales de producción | | | | |
| Producción de cemento | S | 16.792.000,00 | t cemento producido/año | 4.617,80 |
| Producción de pulpa y papel | S | 1.014.000,00 | t biomasa usada en la producción/año | 30,42 |
| Producción de químicos | | | | |
| Producción de cloro álcali con celdas de mercurio | S | 242.464,00 | t Cl ² producido/año | 50.917,44 |
| Producción de VCM con catalizador de mercurio | S | 389.000,00 | t VCM producido/año | 46.680,00 |
| Producción de acetaldehído con catalizador de mercurio | ? | 0,00 | t acetaldehído producido/año | ? |
| Producción de productos con contenido de mercurio | | | | |
| Termómetros de Hg (médico, atmosféricos, de laboratorios, industrial, etc.) | N | 0,00 | kg mercurio usado para producción/año | - |
| Interruptores y amplificadores eléctricos con mercurio | N | 0,00 | kg mercurio usado para producción/año | - |
| Fuentes de luz con mercurio (fluorescente, compacta, otros: ver guía) | ? | 0,00 | kg mercurio usado para producción/año | ? |
| Baterías con mercurio | N | 0,00 | kg mercurio usado para producción/año | - |
| Manómetros y medidores de mercurio | N | 0,00 | kg mercurio usado para producción/año | - |
| Biocidas y pesticidas con mercurio | N | 0,00 | kg mercurio usado para producción/año | - |
| Pinturas con mercurio | N | 0,00 | kg mercurio usado para producción/año | - |
| Cremas y jabones aclaradoras de piel con químicos de mercurio | N | 0,00 | kg mercurio usado para producción/año | - |
| Uso y disposición de productos con contenido de mercurio | | | | |

| CATEGORÍA SUBCATEGORÍA DE FUENTE | PRESENCIA EN COLOMBIA | TASA DE ACTIVIDAD | UNIDAD DE LA TASA DE ACTIVIDAD | ENTRADA ESTIMADA (Kg Hg/año) |
|---|--------------------------|----------------------|---|---------------------------------|
| Amalgama dental para rellenos (rellenos de "plata") | S | 44.977.758,00 | número de habitantes | 6.746,66 |
| Termómetros | S | 2.277.846,00 | artículos vendidos/año | 26.593,04 |
| Interruptores eléctrico y relés con mercurio | S | 44.977.758,00 | número de habitantes | 6.296,89 |
| Fuentes de luz con mercurio | S | 96.303.735,00 | artículos vendidos/año | 2.194,54 |
| Baterías con mercurio | S | 1,60 | t baterías vendidas/año | 11,20 |
| Poliuretano (PU, PUR) producido con catalizador de mercurio | ? | 44.977.758,00 | número de habitantes | ? |
| Pinturas con preservantes de mercurio | N | 0,00 | t pintura vendida/año | - |
| Crema y jabones que contienen químicos de mercurio para aclarar la piel | N | 0,00 | t cremas o jabones/año | - |
| Manómetro para medir presión arterial (esfigmomanómetro de mercurio) | ? | 0,00 | artículos vendidos/año | ? |
| Manómetro para medir presión arterial (esfigmomanómetro de mercurio) | S | 44.977.758,00 | número de habitantes | 224,89 |
| Químicos de laboratorio | S | 44.977.758,00 | número de habitantes | 449,78 |
| Otros equipos médicos y de laboratorio con mercurio | S | 44.977.758,00 | número de habitantes | 1.799,11 |
| Producción de reciclado de metales | | | | |
| Producción de mercurio reciclado ("producción secundaria") | N | 0,00 | kg mercurio producido/año | - |
| Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero) | S | 278,00 | número de vehículos reciclado/año | 0,31 |
| Incineración de desechos | | | | |
| Incineración de desechos municipal/general | N | 0,00 | t desechos incinerados/año | - |
| Incineración de desechos peligrosos | S | 14.020,00 | t desechos incinerados/año | 336,48 |
| Incineración de desechos médicos | S | 7.344,00 | t desechos incinerados/año | 176,26 |
| Incineración de lodos cloacales | ? | 0,00 | t desechos incinerados/año | ? |
| Quema de desechos a cielo abierto (en rellenos sanitarios e informalmente) | S | 4.749,00 | t desechos quemados/año | 23,75 |
| Deposición de desechos/relleno sanitario y tratamiento de aguas residuales | | | | |
| Rellenos sanitarios controlados/depositos *1 | S | 10.095.119,00 | t desechos depositados en relleno sanitario/año | 50.475,60 |
| Vertederos informales de desechos generales *1*2 | S | 828.028,00 | t desechos vertidos/año | 4.140,14 |
| Sistema de aguas residuales/tratamiento *3 | S | 608.417.741,00 | m ³ aguas residuales/año | 3.194,19 |
| Crematorios y cementerios | | | | |
| Crematoria | S | 33.000,00 | cuerpos enterrados/año | 82,50 |
| Cementerios | S | 151.000,00 | cuerpos enterrados/año | 377,50 |
| TOTAL DE ENTRADAS CUANTIFICADAS (Kg Hg/año) | | | | 352.300,00 |

Nota: (S) Presencia, (N) ausencia y (?) las categorías que presentan vacíos de información.

Liberaciones al ambiente

En el año 2009, se liberaron 345.570 Kg de Hg, de los cuales 151.650 kg fueron al suelo; 74.420 Kg al aire; 45.400 se liberaron durante el tratamiento o disposición; 31.260 Kg al agua; 28.190 Kg fueron liberados en los subproductos o impurezas y 14.650 Kg en residuos generales. Lo anterior muestra que las matrices ambientales más afectadas son el suelo y el aire y que dentro del proceso productivo la mayor liberación se produce durante el tratamiento o disposición de los residuos. En la Tabla 4. se compilan los datos de liberaciones de mercurio, a las diferentes matrices propuestas por el instrumental:

Tabla 4. Cuantificación de liberación de mercurio por categorías

| CATEGORÍA DE FUENTE | LIBERACIONES DE MERCURIO ESTIMADAS (Kg Hg/AÑO) | | | | | |
|--|--|-----------|------------|---------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| | AIRE | AGUA | SUELO | SUB-PRODUCTOS E IMPUREZAS | DESECHOS EN GENERAL | TRATAMIENTO DE DESECHOS /DISPOSICIÓN |
| CONSUMO DE ENERGÍA | | | | | | |
| Combustión de carbón en plantas de energía grandes | 442,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 49,21 | 0,00 |
| Otros usos del carbón | 442,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 49,21 | 0,00 |
| Combustión/uso de coque de petróleo y aceite pesado | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Combustión/uso de diesel, gasóleo, petróleo, kerosene | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Combustión/uso de gas natural, primas o pre-limpieza | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Combustión/uso de gas natural, gasoducto (calidad de los consumidores) | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Plantas de quema de biomasa y producción de calor | 283,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Combustión de carbón vegetal | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE | | | | | | |
| Extracción petróleo crudo | 0,00 | 363,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Refinamiento de petróleo | 173,66 | 6,95 | 0,00 | 0,00 | 104,20 | 0,00 |
| Extracción y procesamiento de gas natural | 150,86 | 201,14 | 0,00 | 301,71 | 352,00 | 0,00 |
| PRODUCCIÓN PRIMARIA DE METALES | | | | | | |
| Extracción de mercurio (primario) y procesamiento inicial | - | - | - | - | - | - |
| Producción de zinc proveniente de concentrados | - | - | - | - | - | - |
| Producción de cobre proveniente de concentrados | - | - | - | - | - | - |
| Producción de plomo proveniente de concentrados | - | - | - | - | - | - |
| Extracción de oro por otros métodos que no sea la amalgamación de Hg | 4.822,40 | 2.411,20 | 108.504,00 | 4.822,40 | 0,00 | 0,00 |
| Producción de alúmina proveniente de la bauxita (producción de aluminio) | - | - | - | - | - | - |
| Producción primaria de metales ferrosos (hierro, producción de acero) | 13,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,70 |
| Extracción de oro con amalgamación de mercurio - sin uso de retorta | 44.640,00 | 14.880,00 | 14.880,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Extracción de oro con amalgamación de | ? | ? | ? | ? | ? | ? |

| CATEGORÍA DE FUENTE | LIBERACIONES DE MERCURIO ESTIMADAS (Kg Hg/año) | | | | | |
|---|--|----------|-----------|---------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| | AIRE | AGUA | SUELO | SUB-PRODUCTOS E IMPUREZAS | DESECHOS EN GENERAL | TRATAMIENTO DE DESECHOS /DISPOSICIÓN |
| mercurio - con uso de retortas | | | | | | |
| OTROS MATERIALES DE PRODUCCIÓN | | | | | | |
| Producción de cemento | 2.770,68 | 0,00 | 0,00 | 923,56 | 923,56 | 0,00 |
| Producción de pulpa y papel | 30,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PRODUCCIÓN DE QUÍMICOS | | | | | | |
| Producción de cloroálcali con celdas de mercurio | 10.183,49 | 1.018,35 | 19.348,63 | 5.091,74 | 0,00 | 15.275,23 |
| Producción de VCM con catalizador de mercurio | 933,60 | 933,60 | 0,00 | 16.804,80 | 0,00 | 28.008,00 |
| Producción de acetaldehído con catalizador de mercurio | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS CON CONTENIDO DE MERCURIO | | | | | | |
| Termómetros de Hg (médico, atmosféricos, de laboratorios, industrial, etc.) | - | - | - | - | - | - |
| Interruptores y amplificadores eléctricos con mercurio | - | - | - | - | - | - |
| Fuentes de luz con mercurio (fluorescente, compacta, otros: ver guía) | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Baterías con mercurio | - | - | - | - | - | - |
| Manómetros y medidores de mercurio | - | - | - | - | - | - |
| Biocidas y pesticidas con mercurio | - | - | - | - | - | - |
| Pinturas con mercurio | - | - | - | - | - | - |
| Cremas y jabones aclaradoras de piel con químicos de mercurio | - | - | - | - | - | - |
| USO Y DISPOSICIÓN DE PRODUCTOS CON CONTENIDO DE MERCURIO | | | | | | |
| Amalgama dental para rellenos (rellenos de "plata") | 134,93 | 2.239,89 | 0,00 | 242,88 | 1.295,36 | 1.295,36 |
| Termómetros | 5.318,61 | 7.977,91 | 5.318,61 | 0,00 | 7.977,91 | 0,00 |
| Interruptores eléctrico y relés con mercurio | 1.889,07 | 0,00 | 2.518,75 | 0,00 | 1.889,07 | 0,00 |
| Fuentes de luz con mercurio | 658,36 | 0,00 | 658,36 | 0,00 | 877,82 | 0,00 |
| Baterías con mercurio | 2,80 | 0,00 | 2,80 | 0,00 | 5,60 | 0,00 |
| Poliuretano (PU, PUR) producido con catalizador de mercurio | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Pinturas con preservantes de mercurio | - | - | - | - | - | - |
| Cremas y jabones que contienen químicos de mercurio para aclarar la piel | - | - | - | - | - | - |
| Manómetro para medir presión arterial (esfigmomanómetro de mercurio) | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Manómetro para medir presión arterial (esfigmomanómetro de mercurio) | 44,98 | 67,47 | 44,98 | 0,00 | 67,47 | 0,00 |
| Químicos de laboratorio | 0,00 | 148,43 | 0,00 | 0,00 | 148,43 | 152,92 |
| Otros equipos médicos y de laboratorio con mercurio | 0,00 | 593,71 | 0,00 | 0,00 | 593,71 | 611,70 |
| PRODUCCIÓN DE RECICLADO DE METALES | | | | | | |

| CATEGORÍA DE FUENTE | LIBERACIONES DE MERCURIO ESTIMADAS (Kg Hg/año) | | | | | |
|---|--|------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| | AIRE | AGUA | SUELO | SUB-PRODUCTOS E IMPUREZAS | DESECHOS EN GENERAL | TRATAMIENTO DE DESECHOS /DISPOSICIÓN |
| Producción de mercurio reciclado ("producción secundaria") | - | - | - | - | - | - |
| Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero) | 0,10 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,10 | 0,00 |
| INCINERACIÓN DE DESECHOS | | | | | | |
| Incineración de desechos municipal/general | - | - | - | - | - | - |
| Incineración de desechos peligrosos | 302,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 33,65 |
| Incineración de desechos médicos | 158,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,63 |
| Incineración de lodos cloacales | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Quema de desechos a cielo abierto (en rellenos sanitarios e informalmente) | 23,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| DEPOSICIÓN DE DESECHOS/RELLENO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | | | | | | |
| Rellenos sanitario controlados/depósitos | 504,76 | 5,05 | 0,00 | - | - | - |
| Vertederos informales de desechos generales | 414,01 | 414,01 | 3.312,11 | - | - | - |
| Residuos procedentes de sistemas de agua /tratamiento | 0,00 | 2.874,77 | 0,00 | 0,00 | 319,42 | 0,00 |
| CREMATORIOS Y CEMENTERIOS | | | | | | |
| Crematoria | 82,50 | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| Cementerios | 0,00 | 0,00 | 377,50 | - | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL DE LIBERACIONES CUANTIFICADAS | 74.420,00 | 31.260,00 | 151.650,00 | 28.190,00 | 14.650,00 | 45.400,00 |

Nota: (S) Presencia, (N) ausencia y (?) las categorías que presentan vacíos de información.

CONSUMO DE ENERGÍA

Esta categoría incluye como fuentes de liberación de mercurio, el uso de combustibles para la generación de energía y la producción de combustibles fósiles. Dentro del primer grupo se incluyen todos los derivados del petróleo y todos los tipos de carbón y madera, los cuales son empleados a nivel industrial y doméstico para la generación de energía. En el segundo grupo están los procesos de extracción y refinación del crudo y el gas natural en, donde se presentan las mayores liberaciones del mercurio.

COMBUSTIÓN DE CARBÓN EN GRANDES CENTRALES DE ENERGÍA

En Colombia, no se dispone de datos específicos sobre la concentración de mercurio (Hg) en el carbón usado para la generación de energía o calor, salvo en la Cuenca de Cesar-Ranchería [29], cuya producción, exportada en su totalidad, corresponde a más del 90% del total nacional producido. En cuanto al carbón proveniente de las cuencas de Boyacá-Cundinamarca, Antioquia, Valle del Cauca, Cauca, Santander, Norte de Santander, Córdoba, que suministran todo el carbón de consumo interno, no se tienen datos.

El consumo nacional de carbón [30-32] fue calculado con base en datos oficiales; sin embargo, no se pudo discriminar el porcentaje consumido en cada sector productivo, por lo que el consumo se dividió en partes iguales entre las subcategorías grandes centrales de termo generación y otros usos de carbón, teniendo en cuenta que el Instrumental reporta factores de entrada y distribución iguales para ambas. En la Tabla 5. se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5. Cuantificación de mercurio en la combustión de carbón en grandes plantas termoeléctricas

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t carbón quemado/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg Hg /año) |
|---------------------------|---|--|----------------------------------|
| | 1.822.500 | 0,00027 | 492,075 |
| Liberación | Entrada estimada (Kg Hg /año) | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 492,075 | 0,9 | 442,867 |
| Desechos en general | | 0,1 | 49,208 |
| | | Liberaciones totales | 492,075 |

OTROS USOS DEL CARBÓN

Esta sub-categoría incluye la combustión de carbón en pequeñas instalaciones, por lo general, calderas con capacidad térmica inferior a 300MW utilizadas en los diversos sectores industriales, en procesos metalúrgicos para calefacción y cocción de alimentos en los hogares.

Entre las empresas que usan carbón en sus procesos productivos se destacan las del sector ladrillero; productos cerámicos y de vidrio; sector cementero; agroindustria de la caña; industria del papel; textil y metalúrgica.

Para esta categoría, no fue posible obtener datos de fuentes primarias que permitieran cuantificar la cantidad de carbón consumido por este grupo de industrias, y por esto, se decidió dividir el consumo de carbón nacional en partes iguales entre las subcategorías de grandes centrales de termo generación y otros usos del carbón. Los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Cuantificación de mercurio en otros usos de carbón

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t carbón usado/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg Hg /año) |
|---------------------------|---|--|----------------------------------|
| | 1.822.500 | 0,00027 | 492,075 |
| Liberación | Entrada estimada (Kg Hg /año) | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 492,075 | 0,9 | 442,87 |
| Desechos en genera | | 0,1 | 49,21 |
| | | Liberaciones totales | 492,08 |

COMBUSTIÓN Y USO DE COQUE DE PETRÓLEO Y CRUDOS PESADOS

El coque de petróleo es el producto que resulta de la refinación del petróleo y es utilizado como combustible en algunas industrias.

Aunque en Colombia no fue posible determinar si se utiliza el coque de petróleo, se sabe que varias empresas usan el crudo pesado como combustible, aunque no se pudo determinar la tasa de actividad debido a la carencia de información primaria en las diferentes industrias nacionales.

COMBUSTIÓN Y USO DE DIESEL, GASOLINA, PETRÓLEO Y QUEROSENO

Se sabe que los combustibles contemplados en esta categoría son ampliamente usados en Colombia; sin embargo, no fue posible compilar suficiente información para calcular la tasa de actividad para esta subcategoría.

BIOMASA QUEMADA PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA Y CALOR

En Colombia, los desechos de cultivos de palma, el bagazo y la madera, entre otros, son utilizados para generar energía a nivel doméstico. Sin embargo, no se encontró suficiente información primaria sobre la cantidad quemada de estos biocombustibles a nivel nacional, salvo un estudio sobre la quema de la caña molida en la industria azucarera del Valle del Cauca, y un estudio académico reporta que en un trapiche manual el rendimiento promedio es del 60% (relación del porcentaje de jugo extraído respecto al peso total de la caña), y que el 40% del peso de la caña corresponde al peso del bagazo [33]. Con base en lo anterior, se cuantificaron las liberaciones de Hg provenientes solamente del bagazo quemado en la industria azucarera (Tabla 7), No se incluyó la cantidad de bagazo quemado en otras industrias como la panelera.

Para esta categoría, la biomasa corresponde a la cantidad de bagazo quemada en el sector azucarero del Valle del Cauca, adscrito a CENICAÑA [34]. Esta es una industria a gran escala que aprovecha todo el bagazo que queda después de extraído el jugo de la caña, como biocombustible para generar energía en sus calderas.

Debido a que en el instrumental del PNUMA no existen factores de entrada para el bagazo de caña, los cálculos se realizaron con los factores de entrada dados por el PNUMA para la subcategoría madera y carbón de leña.

Tabla 7. Cuantificación de mercurio en la quema de biomasa

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t biomasa quemada/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ t) | Entrada estimada Kg de Hg/año |
|---------------------------|--|--|----------------------------------|
| | 9.436.000 | 0,03 | 283,08 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 283,08 | 1,0 | 283,08 |
| | | Liberaciones totales | 283,08 |

CARBÓN DE LEÑA

El carbón de leña es un combustible usado a pequeña y mediana escala en Colombia; sin embargo, no se hallaron datos oficiales que permitieran calcular la tasa de actividad para esta subcategoría.

PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES

En esta categoría se incluyen los procesos de extracción y refinación/procesamiento del petróleo y del gas natural, descritos a continuación.

EXTRACCIÓN Y REFINACIÓN DE PETRÓLEO

La extracción de crudo es el proceso mediante el cual se saca el petróleo del subsuelo hasta la superficie, mediante un pozo de perforación recubierto por una tubería especial. Una vez el crudo es extraído y transportado a las refinerías, se inicia un proceso de transformación para convertir ese crudo en otros derivados comerciables como la gasolina. En esta sub-categoría se incluye la combustión de crudo para producción de energía, calor, la elaboración de asfalto, la producción de polímeros, la síntesis de productos químicos y de lubricantes, entre otros.

El crudo contiene impurezas, dentro de las cuales hay cantidades trazas de mercurio, que son liberadas durante su combustión y que varían de un lugar de extracción a otro. Generalmente, estas impurezas son liberadas al aire; sin embargo, pueden ocurrir liberaciones a otras matrices ambientales dada la complejidad de los procesos de extracción, refinación y combustión del crudo y pese a la existencia de equipos diseñados para reducirlas.

La tasa de actividad de extracción y refinación de crudo [25] se calculó con base en datos de producción y exportación provenientes de fuentes oficiales, asumiendo que la diferencia entre lo producido y lo exportado es lo que va a las refinerías nacionales. El resultado obtenido para las liberaciones es muy diferente al de la entrada de mercurio al proceso debido, a la dificultad para medir las emisiones durante la extracción o refinación y a la falta de información primaria. Las tablas Tabla 8 y Tabla 9. muestran los cálculos para la extracción y refinación del petróleo, respectivamente.

Tabla 8. Cuantificación de mercurio en la extracción de petróleo

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t petróleo crudo producido/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/Ton) | Entrada estimada Kg de Hg/año |
|-----------------------------|--|---|----------------------------------|
| | | 33.063.525 | 0,000055 |
| Liberación | Entrada estimada (Kg de Hg/año) | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Agua | 1818,49 | 0,2 | 363,70 |
| Liberaciones totales | | | 363,70 |

Tabla 9. Cuantificación de mercurio en la refinación de petróleo

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t aceite refinado/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/Ton) | Entrada estimada Kg de Hg/año |
|-----------------------------|--|---|----------------------------------|
| | | 12.629.787 | 0,055 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,25 | 173,66 |
| Agua | 694,64 | 0,01 | 6,95 |
| Residuos generales | | 0,15 | 104,20 |
| Liberaciones totales | | | 284,81 |

EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE GAS NATURAL

El gas natural contiene trazas de impurezas de mercurio, las cuales se liberan durante los procesos de extracción, refinación y combustión, a las diferentes matrices ambientales, especialmente al aire. Igual que con el crudo, la concentración de mercurio en el gas natural depende de las características propias de la zona geológica de donde se extraiga.

Actualmente no se tiene un conocimiento preciso del destino del contenido de mercurio, lo que debe considerarse un vacío de información. Sin embargo, es importante resaltar que la mayor parte del mercurio que se encuentra en el gas natural puede removerse durante la extracción y refinación, incluyendo el proceso de remoción del sulfuro de hidrogeno [35], por lo que el gas natural, en general, puede considerarse un combustible limpio que contiene concentraciones muy bajas de mercurio.

La tasa de actividad de producción y consumo de gas natural [36] se calculó con base en fuentes oficiales de producción y exportaciones; se asume que la diferencia entre éstas permite calcular la cantidad de gas natural que va a las refinerías nacionales. Como se mencionó para el caso del petróleo, lo que puede deberse a la dificultad de cuantificar las liberaciones a través de chimeneas durante la extracción o refinación.

No se encontraron reportes de contenido de Hg en gas natural nacional, por tanto, no fue posible calcular la cantidad real de emisiones de mercurio para Colombia procedente de la extracción y refinación de este combustible. El cálculo de entrada y liberaciones de Hg se hizo con base en la tasa de actividad real y el factor de entrada reportado por el PNUMA; el cálculo se presenta en la tabla 10.

Tabla 10. Extracción y procesamiento de gas natural

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (Nm ³ gas /año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ m ³) | Entrada estimada Kg de Hg/año |
|---------------------------|---|--|----------------------------------|
| | 10.057.000.000 | 0,0000001 | 1005,70 |
| Liberación | Entrada estimada (Kg de Hg/año) | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,15 | 150,85 |
| Agua | | 0,20 | 201,14 |
| Subproductos e impurezas | 1005,70 | 0,30 | 301,71 |
| Desechos en general | | 0,35 | 352,00 |
| | | Liberaciones totales | 1.005,70 |

PRODUCCION PRIMARIA DE METALES

En Colombia existe explotación primaria de minerales auroargentíferos (oro y plata), níquel, cobre, hierro, platino. Así mismo, se extraen cantidades menores de plomo, zinc y alúmina, sobre las cuales no fue posible conseguir información y se producen algunos concentrados de menas polimetálicas que se tratarán en el anexo C. En Colombia no existe producción primaria de mercurio.

La principal actividad de esta categoría es la minería artesanal de oro, que emplea aproximadamente 220.000 personas[5] concentradas en el Nordeste y Bajo Cauca en Antioquia; Condoto, Istmina y Lloró en el Departamento del Chocó; La Llanada y Sotomayor en Nariño; Vetas y California en Santander y en el Sur de Bolívar, Bolívar. En estas zonas el 90% de la población total, aproximadamente, depende directa o indirectamente de la minería de oro. Por ejemplo, en el Bajo Cauca y Nordeste Antioqueño se han identificado aproximadamente 500 pequeñas minas entre subterráneas y aluviales, que en la mayoría de los casos no cuentan con un diseño de explotación ni con tecnología adecuados [5]. Un factor crítico de suma importancia, es la ilegalidad de la actividad minera y las escasas herramientas técnicas y jurídicas para desempeñar labores legales y seguras. En el municipio de Marmato [37], la explotación minera constituye en la principal fuente de ingreso y empleo, siendo este Municipio el primer productor de oro en el Departamento de Caldas y de los más antiguos del país. Su actividad minera está conformada por 230 minas en actividad y 20 molinos de beneficio, de los cuales tres son propiedad del estado, que trabajan a menor capacidad de lo que pueden hacerlo y por tanto los rendimientos son menores [37], la minería en la mayoría de los casos se realiza de forma indiscriminada y artesanal en los cuales se utilizan sistemas obsoletos.

Las principales zonas mineras auroargentíferas, de platino, zinc y plomo, están concentradas a lo largo de las cordilleras Central y Occidental y sus respectivos valles interandinos; la minería de níquel está concentrada al sur del departamento de Córdoba; la mayor concentración y explotación de cobre está localizada en el departamento del Chocó; la minería de hierro se encuentra en el departamento de Boyacá y las formaciones bauxíticas ricas en aluminio se hallan en el Valle del Cauca y Norte de Antioquia.

EXTRACCIÓN DE ORO SIN AMALGAMACIÓN

Para realizar los cálculos de las entradas de mercurio es necesario conocer la cantidad de mena de oro procesada y la concentración promedio de mercurio en esa mena mineral y se ha calculado un factor de entrada de 55 g Hg/Ton de mena de oro procesada (PNUMA, 2010).

Hasta el momento no se tiene información referente a la cantidad exacta de menas de oro procesadas en Colombia, sólo se tienen datos confiables de la cantidad de oro producido (Tabla 11. , [38]) por lo que para poder calcular la entrada de mercurio es necesario hacer una serie de suposiciones, basados en la cantidad de oro vetiforme producido y teniendo en cuenta que es este tipo de depósito el que contiene cantidades traza de mercurio y en cuyo proceso extractivo se emplea la mayor cantidad del metal.

Tabla 11. Producción de oro en Colombia

| AÑO | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Kg producidos | 37.738 | 35.783 | 15.683 | 15.482 | 34.321 | 47.838 |

Nota: La fuente no diferencia la proporción de oro extraído con y sin mercurio ni la cantidad de oro aluvial y de filón. La producción está dada en kilogramos.

En cuanto a la producción de oro reportada debe tenerse en cuenta que de las diferentes zonas mineras sale oro que no es reportado a las autoridades municipales, parte de este oro es comprado por artesanos y parte es reportado en otro municipio como si hubiese sido extraído allí.

A continuación se reporta la producción de oro de las empresas más grandes del país (Tabla 12).

Tabla 12. Producción de las empresas más grandes de oro en Colombia

| Empresas | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| FGM (Vetiforme) | 1.524 | 1.710 | 1.710 | 1.710 |
| Mineros Nacionales en Marmato (Vetiforme) | 776 | 968 | 751 | 746 |
| Mamato, Maruja y parte alta (Vetiforme) | 186 | 186 | 186 | 186 |
| Subtotal | 2.486 | 2.864 | 2.647 | 2.642 |
| Mineros S.A (Aluvial) | 2.861 | 2.118 | 2.534 | 2.788 |
| Total | 5.347 | 4.982 | 5.181 | 5.430 |

Nota: la producción está dada en kilogramos.

Tomando como base la información suministrada por el Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO-Tabla 11. , [38]) para el año 2009 y la producción de oro vetiforme en los diferentes distritos mineros correspondiente se calculo que la producción de oro vetiforme para el año 2009 fue de 22,2 t [8].

Para conocer la cantidad de oro por tonelada de mena extraída se tomo un promedio, calculado a partir de los datos encontrados en la bibliografía: Marmato 7 g Au /Ton de mena [39], Vetas-California 7 g Au /Ton[40], la Llanada 17 g Au /Ton [41], en la Frontino Gold Mines 9 g Au /Ton [42]. El promedio obtenido fue de 10 g Au/Ton de mena mineral.

Para hallar la tasa de actividad se aplico la siguiente operación:

$$1 \text{ tonelada de mena} \longrightarrow 10 \text{ gr de oro}$$

$$X \text{ toneladas de mena} \longrightarrow 22.192.000 \text{ gr de Au}$$

Por lo tanto,

$$\text{Tasa de actividad} = 22.192.000 \text{ g Au} / 10 \text{ g Au/t mena} = 2.192.000 \text{ t de mena}$$

Para cuantificar la entrada y las liberaciones de mercurio a las diferentes matrices se utilizaron los factores de distribución dados por el PNUMA (Tabla 13).

Tabla 13. Cuantificación de mercurio en la extracción de oro sin amalgamación

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t mena / año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| | | 2.192.000,00 | 0,055 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 120.560,00 | 0,04 | 4.822,40 |
| Agua | | 0,02 | 2.411,20 |
| Suelo | | 0,90 | 108.504,00 |
| Subproductos e impurezas | | 0,04 | 4.822,40 |
| Liberaciones totales | | | 120.560,00 |

EXTRACCIÓN DE ORO CON AMALGAMACIÓN Y SIN USO DE RETORTA

No se encontró información sobre la cantidad de menas de oro procesadas; la cantidad total de mineros que trabajan en el oficio; la cantidad de mineros que usan retortas o la cantidad de mineral extraído de los concentrados. Sin embargo, se conocen cifras de mercurio importado; oro producido y valores puntuales de cantidades de mercurio emitido al ambiente o perdido durante el proceso de beneficio.

Para cuantificar las liberaciones de mercurio, se evaluaron los procesos de minería de oro en los que se incorporan cantidades intencionales de mercurio, a partir de lo cual se puede concluir que en Colombia no se extrae ni se recicla mercurio, salvo en aquellas industrias donde parte del consumo de mercurio proviene del reciclaje del empleado en su proceso, por lo que puede concluirse que el mercurio utilizado como materia prima o insumo es importado en su totalidad (Tabla 14, [43]). Estos datos, reportados oficialmente por la DIAN, son los utilizados para inferir la dinámica del consumo de mercurio en el mercado de la minería del oro; sin embargo, a las diferentes zonas mineras llega mercurio de forma ilegal que es difícil de cuantificar.

Tabla 14. Importación de mercurio para los años 2007 a 2009

| Año/ País | Holanda | España | México | Alemania | Estados Unidos | Rusia | Reino Unido | Kyrgyzstan | Canadá | Otros | Total |
|--------------|---------|--------|--------|----------|----------------|-------|-------------|------------|--------|-------|--------|
| 2007 | 28,26 | 4,49 | 11,95 | 5,53 | 12,39 | 3,00 | 0,83 | | 0,45 | 4,54 | 71,44 |
| 2008 | 25,36 | 19,04 | 13,33 | 8,63 | 6,91 | 3,11 | 1,38 | 1,28 | 0,06 | 9,94 | 79,04 |
| 2009 | 47,95 | 14,50 | 24,77 | 8,68 | 34,50 | | 0,00 | | | 0,00 | 130,39 |

Nota: Los valores de importación están dados en toneladas.

El mercurio importado por Colombia se usa en las industrias de minería aurífera, de cloro álcali, productos químicos básicos, producción de plásticos, caucho y productos químicos para la agricultura, uso dental y análisis químicos, la Tabla 15 [29] muestra las empresas importadoras de mercurio en el año 2009 y las cantidades importadas por cada una de ellas.

Tabla 15. Empresas importadoras de mercurio metálico en el año 2009

| Compañía | Ton de Hg/año |
|--|-----------------|
| Insuminer S.A | 52,96 |
| Villa Estrada José Santiago | 30,33 |
| Distribuidora de Químicos Industriales S.A | 18,29 |
| Ferretería El Pedalista Luis Alberto Velásquez Y CIA. Limita | 7,76 |
| Productora Y Comercializadora Odontológica New Stetic S.A | 6,89 |
| Pacific Chemicals Corporation LTDA | 6,17 |
| Brinsa S.A | 4,14 |
| Baux Chemical LTDA | 3,79 |
| Merck S.A | 0,05 |
| Químicos Y Reactivos Limitada | 0,0006 |
| Elementos Químicos LTDA | 0,0002 |
| TOTAL | 132,3806 |

Teniendo en cuenta que en el País, para el año 2009, existían grandes empresas legalmente constituidas que no utilizaban mercurio en su sistema de beneficio; o si lo empleaban, tenían la tecnología para su

recuperación. Para poder calcular la tasa de actividad para esta subcategoría, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- A la producción de oro aluvial se le resta la cantidad de mercurio utilizada por la empresa mineros S.A (Tabla 12) ya que ellos reciclan todo el mercurio. Adicional a esto se le resta un 10% que corresponde al porcentaje restante de empresas o mineros que no utilizan mercurio en su sistema de beneficio¹. Por lo tanto, la producción de oro aluvial será de 20.572 g.
- Para la producción de oro vetiforme se resta la cantidad producida por la Frontino Gold Mines y Marmato (Tabla 12) más un supuesto de 10% adicional de empresas o mineros que no utilizan mercurio en su sistema de beneficio¹. Por lo tanto, la producción de oro aluvial sería aproximadamente 16.617 g.

A continuación se presentan los cálculos de liberaciones de mercurio para esta subcategoría, tomando como base datos promedios de los estudios mencionados en párrafos anteriores y teniendo en cuenta el tipo de depósito aurífero: producción de oro en el año 2009 = 47.838 gramos [38].

Producción de oro aluvial = 25.645 g tomando como base información de los diferentes distritos mineros.

Producción de oro vetiforme = 22.193- g información de los diferentes distritos mineros.

El Instrumental PNUMA, trae por defecto un factor de entrada de 2,0 g de mercurio liberados por cada gramo de oro producido, sin uso de retortas. La producción de oro en Colombia, con el uso de mercurio podría ser del orden de 37,2 Ton sumando la cantidad de oro vetiforme y aluvial según la consideraciones anteriores. En la Tabla 13 se muestran los resultados de entrada y liberaciones de mercurio, obtenidos para esta subcategoría:

Tabla 16. Cuantificación de mercurio en la extracción de oro con amalgamación - sin uso de retorta

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (kg oro producido/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ t) | Entrada estimada Kg de Hg/año |
|-----------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|
| | 37.200,00 | 2,00 | 74.400,00 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,60 | 44.640,00 |
| Agua | 74.400,00 | 0,20 | 14.880,00 |
| Suelo | | 0,20 | 14.640,00 |
| Liberaciones totales | | | 74.400,00 |

PRODUCCIÓN PRIMARIA DE METALES FERROSOS (HIERRO, PRODUCCIÓN DE ACERO)

Para esta subcategoría se tomo como tasa de actividad la producción total de hierro para el año 2009, reportada por el SIMCO (Tabla 17).

Tabla 17. Producción de hierro durante los años 2004 a 2009

| AÑO | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Toneladas producidas | 587.222 | 607.559 | 644.151 | 623.930 | 475.273 | 280.772 |

¹ Comunicación directa con Juan Carlos Arango, Geólogo y Magister, experto en minería.

Para la cuantificación de la entrada y liberaciones de mercurio en esta subcategoría (Tabla 18), se tomaron como referencia los valores dados por el PNUMA para la producción de acero y arrabio (Ver capítulo: definición de términos) debido a que en país no se conoce la concentración exacta de mercurio en las menas de hierro.

Tabla 18. Cuantificación de mercurio en la producción primaria de metales ferrosos

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t arrabio producido / año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|---|--|--|--|
| | 280.772 | 0,00005 | 14,04 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,95 | 13,34 |
| Tratamiento/disposición de residuos específicos por sector | 14,04 | 0,05 | 0,70 |
| | | Liberaciones totales | 14,04 |

PRODUCCIÓN DE OTROS MATERIALES

En esta categoría se incluyen la producción de cemento y la producción de pulpa, papel y cartón, ambas presentes en el país. A continuación se contextualizarán en el entorno nacional y cuantificarán ambas subcategorías.

PRODUCCIÓN DE CEMENTO

En Colombia existen cuatro empresas productoras de cemento, que de acuerdo a su volumen de producción son: Cementos Argos, Cemex Colombia, Holcim Colombia y Cementos Tequendama. En la Tabla 19 se relaciona la producción de cada una de ellas [24], cuya sumatoria para el año 2009 constituye la tasa de actividad nacional, tomada para la cuantificación de mercurio. .

Tabla 19. Producción de cemento en Colombia durante los años 2007 a 2009

| EMPRESA | 2007 | 2008 | 2009 |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Grupo Argos | 9,120,000 | 9,120,000 | 10,982,000 |
| Cemex | 3,980,000 | 3,980,000 | 3,980,000 |
| Holcim | 1,500,000 | 1,500,000 | 1,500,000 |
| Otros | 30,000 | 330,000 | 330,000 |
| Total cemento producido | 14,630,000 | 14,930,000 | 16,792,000 |

Es importante aclarar que las materias primas (cal, carbón, petróleo, etc.) usadas para la producción de cemento, pueden contener trazas de mercurio, al igual que los residuos sólidos provenientes de otros sectores (cenizas volantes de la combustión de carbón).

Para cuantificar la entrada estimada de mercurio en la producción de cemento, se utiliza el factor de entrada sugerido por el Instrumental PNUMA que corresponde a 0.000275 y la tasa de actividad nacional equivalente a 16.792.000 t. La multiplicación de estos dos valores da una entrada estimada de 4.617,80 Kg. Así mismo, para calcular las liberaciones se utilizaron los factores del PNUMA (Tabla 20):

Tabla 20. Cuantificación de mercurio en la producción de cemento

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t cemento producido / año) | Factor de entrada PNUMA (G de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|---------------------------|---|---|------------------------------------|
| | 16.792.000,00 | 0,000275 | 4.617,80 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,6 | 2.770,68 |
| Subproductos e impurezas | 4.617,80 | 0,2 | 923,56 |
| Desechos en general | | 0,2 | 923,56 |
| | | Liberaciones totales | 4.617,80 |

PRODUCCIÓN DE PULPA Y PAPEL

En Colombia la pulpa se produce mediante el procesamiento, químico; mecánico o una combinación de ambos, del papel reciclado; la (celulosa) y el bagazo de caña. En esta sub-subcategoría el mercurio puede estar presente en la materia prima; los combustibles empleados para la producción de energía y en algunos compuestos químicos usados en el proceso, como el hidróxido de sodio y cloro. En el proceso de manufactura de papel y pulpa se destacan las emisiones atmosféricas, por la combustión de combustibles fósiles, bagazo de caña, corteza y otros desechos de madera.

En el país las materias primas usadas para la fabricación del papel son: papel reciclado, pulpa de madera (celulosa) y pulpa de bagazo de caña, las cuales pueden ser procesadas de manera individual o combinada. Sin embargo, se tienen datos que indican una mayor utilización del papel reciclado (59%), seguido de la pulpa de madera (27%) y de la pulpa de bagazo (14%). En este inventario no se tuvo en cuenta el mercurio aportado por las dos primeras materias primas ya que no es posible determinar los contenidos de mercurio de estas, lo que si ocurre con el bagazo de caña.

Teniendo en cuenta que en los cálculos realizados no se incluye el mercurio contenido en las materias primas como la madera y el papel reciclado ni en los otros insumos utilizados en el proceso, se aclara que la liberación de mercurio calculada puede ser menor que la real.

Para cuantificar la cantidad de mercurio en la producción de pulpa y papel, se usan los factores de entrada y distribución del PNUMA (

Tabla 21. Producción de cemento).

Tabla 21. Producción de cemento

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t cemento producido/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|---------------------------|---|--|------------------------------------|
| | 16.792.000,00 | 0,000275 | 4.617,80 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 30,42 | 1,00 | 30,42 |
| | Liberaciones totales | | 30,42 |

PROCESOS Y PRODUCTOS CON USO INTENCIONAL DE MERCURIO

En este inventario se ha creado esta categoría para agrupar las categorías de producción de químicos y de productos con contenido de mercurio definidas en el instrumental del PNUMA. Las actividades industriales que utilizan mercurio intencionalmente, se incluyen las de producción de químicos; de cloro álcali y de monómeros de vinilo y entre los productos que contienen mercurio están los acumuladores; pilas y lámparas eléctricas y equipos de iluminación.

Dentro de la subcategoría de producción de productos con contenido de mercurio, se encuentran los termómetros (médicos, aire, laboratorio, industriales, etc.), switches eléctricos, fuentes de luz (fluorescentes, compactas, otras), baterías, manómetros, bombas, biocidas, pesticidas, pinturas, y cremas y jabones para aclarar la piel.

En el país, para el año 2009, solamente están presentes la fabricación de pilas representada en acumuladores y pilas eléctricas, diferentes a las de tipo botón, y la industria de lámparas fluorescentes [45]. Las demás subcategorías están constituidas por productos importados y son tratados en el capítulo 6 “Uso y disposición de productos y sustancias con contenido intencional de mercurio”.

PRODUCCIÓN DE QUÍMICOS

En la categoría de producción de químicos, el instrumental incluye las sub-categorías de producción de cloro álcali con tecnología de mercurio; la producción de monómeros de cloruro de vinilo, con cloruro mercúrico (HgCl_2) como catalizador y la producción de acetaldehídos, con sulfato mercúrico (HgSO_4) como catalizador.

En Colombia no se produce acetaldehído usando mercurio como catalizador, por lo cual esta subcategoría incluida en la producción de químicos no aplica.

Producción de cloro álcali con tecnología de mercurio

En las plantas de producción de cloroálcali con celdas de mercurio, el mercurio elemental se usa como electrodo de fluido en procesos electrolíticos para la producción de cloruro de sodio o sal de cocina (NaCl); hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH), a partir de agua salada. Este proceso, conocido como de “célula o celda de mercurio”, separa la sal; genera hidrógeno como producto derivado y libera mercurio mediante las emisiones atmosféricas; las descargas de agua; los desechos sólidos y en menor proporción, en los productos. Como parte de los intentos mundiales por eliminar estas tecnologías y procesos que utilizan mercurio, se han desarrollado tecnologías de diafragma o membranas, cuya implementación ha sido obligatoria en la Unión Europea [48, 49]. Sin embargo, en el país no se tienen datos de la utilización de estas tecnologías limpias pero tampoco se conocen datos sobre el uso de celdas de mercurio, salvo en la empresa Brinsa, la cual reportó la importación de 4,14 Ton/año de mercurio en el año 2009 [50]. Es importante aclarar que la presencia de mercurio en este sector no se debe únicamente al aporte antropogénico ya que los materiales y materias primas utilizadas, como sal, caliza o carbón, pueden contener mercurio en cantidades traza.

En esta subcategoría incluye los productos derivados del cloro y la soda, provenientes de la electrolisis de la sal, que a su vez sirven de materia prima para otros procesos industriales. Esta industria genera anualmente, en el mundo, utilidades mayores a los U\$ 7.000 millones y tiene aproximadamente 14.000 aplicaciones

conocidas [46]. En Colombia la demanda actual de sal de cocina se estima entre 800.000 y 1.000.000 de toneladas anuales, de las cuales Manaure produce alrededor de 450.000 toneladas, Cajicá 264.000, Zipaquirá y Nemocón aportan otras 12.000 toneladas, y Galerazamba y Upin alrededor de 30.000 toneladas año. La cantidad restante es importado de Perú [47]. En el caso del hidróxido de sodio (NaOH-soda caustica) se producen 40.000 Ton/año y se importan 250.000 Ton/año [31],

El mercado de los productos de la industria de cloro álcali en Colombia está controlado por tres empresas, dos de las cuales aportan el 56 y 36% [45] del total de la producción nacional. Una de esas empresas, utiliza los derivados de cloro álcali como materia prima para la fabricación de tubería y accesorios de PVC [51], grupo que conforma la cadena de producción de cloro-vinilo (Tabla 22). Sin embargo, esta industria tiene mucho potencial de crecimiento en el país, puesto que están ingresando al mercado nuevas compañías interesadas en ampliar su producción e incrementar la exportación de derivados de cloro-soda. Por lo anterior, se recomienda monitorear la liberación de mercurio en este sector ya que el incremento en la producción puede contribuir al aumento de las concentraciones de mercurio en el ambiente, durante los próximos años, por lo que es una actividad que requiere ser monitoreada.

Tabla 22. Producción parcial de cloroálcali en Colombia

| Productos | Producción diaria (Ton) | Producción anual (Ton) |
|--|-------------------------|------------------------|
| Cloro Liquido | 24 | 8.760 |
| Hidróxido de Sodio (concentrado al 48%) | 140 | 51.100 |
| Acido clorhídrico (Concentrado al 33 %) | 90 | 32.850 |
| Cloruro de calcio (Concentrado al 38%) | 25 | 9.125 |
| Hipoclorito de sodio industrial (Concentrado al 13%) | 93 | 33.945 |
| TOTAL | 372 | 135.780 |

A partir de la información colectada para el año 2009, se estimó que la tasa de actividad equivale a 242.464 de toneladas al año. Los factores de entrada y distribución son los estimados en el instrumental (Tabla 23).

Tabla 23. Cuantificación de mercurio en la producción de cloro-álcali

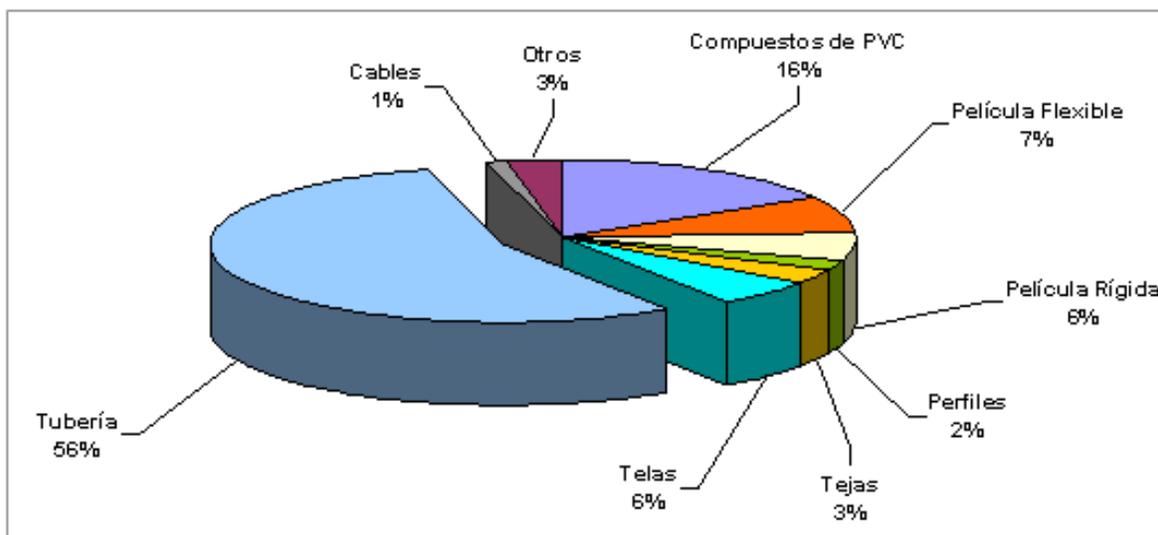
| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t Cl2 producido/año) | Factor de entrada (Kg de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|--|---|---------------------------------|---------------------------------|
| | 242.464,00 | 0,21 | 50.917,44 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 50.917,44 | 0,2 | 10.183,49 |
| Agua | | 0,02 | 1.018,35 |
| Suelo | | 0,38 | 19.348,63 |
| Subproductos e impurezas | | 0,10 | 5.091,74 |
| Tratamiento/disposición de residuos específicos por sector | | 0,30 | 15.275,23 |
| Liberaciones totales | | | 50.917,44 |

La producción de cloro álcali con celdas de mercurio presenta una entrada estimada de 50.917,44 Kg Hg/año, de los cuales 19.348,63 Kg Hg/año se liberan al suelo. El Instrumental del PNUMA supone, que debajo de las celdas de mercurio se da una pérdida variable por infiltración.

Producción de monómeros de cloruro de vinilo (MCV)

La producción de monómeros de cloruro de vinilo emplea como materia prima el cloro producido mediante la electrolisis de la sal, residuo de la producción de cloro álcali, y el etileno derivado del petróleo.

El cloruro de vinilo es la principal materia prima para la producción de accesorios y tuberías de policloruro de vinilo (PVC). El consumo de PVC en el mercado colombiano alcanza las 180.000 Ton/año [52] y su uso está distribuido en diferentes sectores (Figura 1, [53]).



Fuente: Mexichem Resinas Colombia, 2009.

Figura 1. Distribución del PVC en diferentes sectores

En Colombia la producción está liderada por una sola empresa que produce el 85% del PVC [54], el 15% restante proviene de empresas más pequeñas y de la importación (Tabla 24). La compañía líder está integrada por un sector de cloro-vinilo que produce cloro; soda cáustica; PVC y productos relacionados, y otro de conducción que produce tubería [50]. En este proceso productivo, el mercurio está presente en el cloruro mercúrico ($HgCl_2$), utilizado como catalizador en la producción de cloruro de vinilo y en las materias primas como son: cloro, etileno y carbón, donde se encuentra en cantidades traza.

Tabla 24. Comercio de monómeros de cloruro de Vinilo (VCM) en Colombia

| Año | 2009 | 2010 (proyectada) |
|----------------------------------|---------|-------------------|
| Exportaciones | 236.000 | 283.000 |
| Producción para consumo nacional | 153.000 | Sin dato |
| Total producción nacional | 389.000 | Sin dato |
| Importaciones | 27.000 | Sin dato |

Fuente: Mexichem, 2010. Las cantidades están dadas en tonelada por año.

Para la cuantificación de la entrada total de mercurio en la producción de cloruro de vinilo se utilizó la tasa de actividad y el factor de entrada recomendado por el Instrumental PNUMA (Tabla 25).

Tabla 25. Cuantificación de mercurio en la producción de monómeros de cloruro de vinilo

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t VCM producido/año) | Factor de entrada (Kg de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|--|--|------------------------------------|------------------------------------|
| | 389.000,00 | 0,12 | 46.680,00 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,02 | 933,60 |
| Agua | | 0,02 | 933,60 |
| Subproductos e impurezas | 46.680,00 | 0,36 | 16.804,80 |
| Tratamiento/disposición de residuos específicos por sector | | 0,60 | 28.008,00 |
| Liberaciones totales | | | 46.680,00 |

La liberación total de mercurio en la categoría de productos químicos es de 97.597 Kg Hg/año, de los cuales la producción de cloro álcali aporta 50.917 Kg Hg/año y la producción de cloruro de vinilo 46.680 Kg Hg/año. Las mayores liberaciones se hacen al suelo, 19.349 Kg Hg/año y en el tratamiento específico de los residuos, 28.008 Kg Hg/año, respectivamente. Lo cual está acorde con el instrumental del PNUMA.

PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS CON CONTENIDO DE MERCURIO

Como se resalto anteriormente, en esta sub-categoría se encuentran listados los productos de uso masivo como las pilas y lámparas compactas. El DANE clasifica estos productos como acumuladores y pilas eléctricas y lámparas eléctricas y equipos de iluminación. Es importante especificar cómo están clasificados estos productos para formalizar su designación en el territorio Nacional.

Acumuladores y pilas eléctricas

El mercurio se ha usado principalmente en pilas primarias, es decir, no recargables y desde el año 2001, se observa una reducción del uso de mercurio en las pilas alcalinas ordinarias (Figura 2, [55]).

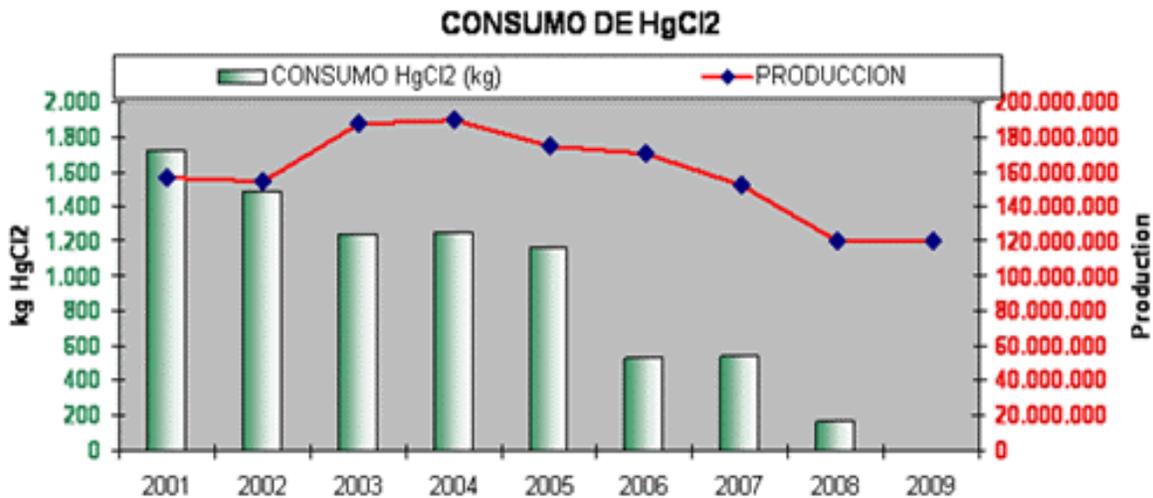


Figura 2. Consumo de mercurio en pilas

Existe en el mercado una amplia gama de acumuladores y pilas eléctricas y aunque todas cumplen con la función de almacenar energía, se diferencian, entre otras cosas, por el tamaño y presentación; el potencial eléctrico; los usos y aplicaciones; el tiempo de vida media y la composición, como en el caso de las pilas de botón que utilizan mercurio mientras que las otras variedades no.

En Colombia no se producen pilas de botón, por lo que las unidades consumidas son importadas en su totalidad. En la sección de uso y disposición de productos y sustancias con contenido intencional de mercurio, se analiza el aporte de este producto en la cuantificación nacional de mercurio.

Lámparas eléctricas y equipos de iluminación

Al igual que las pilas y acumuladores este grupo de productos ofrece una amplia gama de modelos. Sin embargo, los únicos que contienen mercurio son las fluorescentes con tubo de doble fin; las compactas de un solo fin y las fuentes de luz de alta presión de vapor de sodio y de mercurio.

En Colombia, existe un vacío de información para esta subcategoría ya que no fue posible obtener la información directa de los fabricantes y los datos de producción Nacional, obtenidos mediante fuentes oficiales, muestran un panorama general de todas las lámparas producidas sin especificar el tipo al que pertenecen. Cabe destacar que según el “Convenio de cooperación científica y tecnológica para desarrollar actividades relacionadas con la gestión de los residuos post-consumo de fuentes de iluminación, pilas primarias y secundarias” [56], el origen de las lámparas corresponde en su gran mayoría, a importaciones.

En el anexo c: cuantificaciones con factores de entrada propios, se hace una cuantificación aproximada para las baterías; pilas y lámparas fluorescentes, utilizando la información nacional.

USO Y DISPOSICIÓN DE PRODUCTOS Y SUSTANCIAS CON CONTENIDO DE MERCURIO

En este capítulo se agrupan los empastes dentales de amalgamas (preparación, utilización y eliminación), termómetros (médicos, aire, laboratorio, industriales entre otros), interruptores eléctricos, fuentes de luz (tubos fluorescentes de doble fin, compactas y otros tipos), baterías (óxido de mercurio, botón cinc-aire y alcalinas y otros tipos), producción de poliuretano catalizado con mercurio, pinturas con preservantes de mercurio, cremas y jabones para aclarar la piel con productos químicos de mercurio, medidores médicos de presión arterial, manómetros, reactivos químicos, equipos médicos y de laboratorio con mercurio. Los anteriores elementos llegan al país, en su totalidad, mediante la importación. La fuente de información oficial más precisa fue suministrada por el DANE y corresponde a las importaciones por partidas arancelarias.

A nivel mundial las principales fuentes de emisiones de mercurio son la incineración de desechos médicos y la inadecuada manipulación de productos y sustancias que contienen mercurio, llegando a constituir el 10% del total de las emisiones de mercurio al aire en Estados Unidos [63] y los efluentes no tratados, con aportes hasta del 5% del total. Por otra parte las amalgamas dentales, constituidas por 45-55% de mercurio 30% de plata y el resto de otros metales como estaño, cinc y cobre, no solo son un factor importante de liberación de mercurio al ambiente sino que representan un alto riesgo para la salud humana, tanto así que en 1991, la Organización Mundial de la Salud calificó éstos productos como no industriales [64]. Según un informe presentado a la Comisión OSPAR, los vertimientos de mercurio en el agua, suelo y aire, de origen odontológico, ascienden a 7,41 Ton/año, mientras que aproximadamente 11,5 Ton/año provienen de desechos médicos. Se considera que las anteriores actividades representan alrededor del 53% del total de las emisiones de mercurio; infortunadamente la mayoría de los países carecen de estudios y datos reales de esta problemática [65].

En la Figura 3 se muestra el consumo mundial de mercurio en los diferentes sectores productivos [66, 67], para el año 2000 y 2005. Nótese el incremento en el uso de mercurio que han tenido las actividades de minería de oro y plata, producción de monómeros de vinilo y amalgamas dentales mientras que en industrias como la de las pilas y cloro álcali se ha reducido.

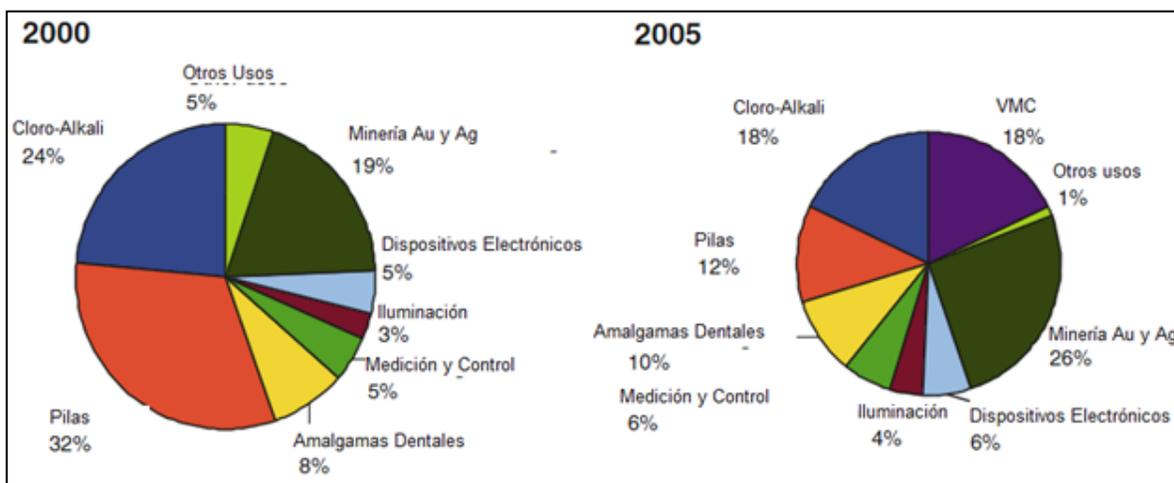


Figura 3. Consumo mundial de Mercurio en diferentes sectores productivos

Los dispositivos que contienen mercurio suponen un factor de exposición común en muchos hogares ya que cuando se rompen los niños pueden ingerir el mercurio liberado además de que la recolección y disposición se hace de manera inadecuada. Morrison [68] reporta que el límite de exposición, permitido por OSHA, en lugares de trabajo tiene un límite máximo de 100 µg/m³ y, en ambientes domésticos, de 1,0 µg/m³. Por ejemplo, los derrames producidos por un termómetro roto, que contiene alrededor de 0,5 g de mercurio, pueden generar concentraciones en el aire de la casa que superan los niveles recomendados de exposición para ambientes residenciales (rango de 2.5-14 µg/m³), representando un riesgo de exposición y justificando así la necesidad de estos estudios [65].

EMPASTES DENTALES DE AMALGAMAS

La entrada de mercurio proveniente de empastes dentales de amalgama, es calculada utilizando los datos poblacionales del DANE y los factores de entrada referenciados por el Instrumental (Tabla 26). Las liberaciones de Mercurio en esta sub-categoría, provienen de la evaporación o ingesta de este durante el uso de los empastes (mientras están en la boca), siendo este un proceso muy lento. Hasta hace poco, investigadores como Sörme [69] y Lagerkvist [70] consideraban que alrededor de 44% del total de las entradas de mercurio encontradas en los tratamientos de aguas residuales provenía de los empastes de amalgama, mientras que sólo el 21% provenía de las clínicas dentales.

Skare y Engquist [71] han calculado liberaciones promedio de mercurio de 60 µg/L, a partir de las amalgamas que se encuentran en la boca de la población de estudio, basados en tasas de excreción y análisis de mercurio en heces y orina [6], sin contabilizar los aportes de los alimentos [4]. Por lo general, los empastes de amalgama tienen una vida útil de 10 a 20 años, en dientes permanentes, lo que significa que las salidas actuales de mercurio por disposición de empastes “gastados”, reflejan el consumo de hace 10 a 20 años. El reporte del grupo de trabajo en mercurio de New Jersey [72] supone una vida media de 15 años por amalgama.

Tabla 26. Cuantificación de mercurio en amalgamas dentales

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (número de habitantes) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/persona) | Entrada estimada Kg de Hg/año |
|---|---|---|----------------------------------|
| | 44.977.758,00 | 0,00015 | 6.746,66 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | |
| Aire | | 0,02 | 134,93 |
| Agua | | 0,33 | 2.239,89 |
| Subproductos e impurezas | 6.746,66 | 0,04 | 242,88 |
| Residuos generales | | 0,19 | 1.295,36 |
| Tratamiento/disposición de residuos específicos por sector | | 0,19 | 1.295,36 |
| Liberaciones totales | | | 5.208,42 |

A continuación se detallan las liberaciones derivadas de los empastes dentales (Tabla 27).

Tabla 27. Cuantificación de liberaciones derivadas de los empastes hace 5 a 15 años

| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
|---|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Preparación de empastes en clínicas odontológicas | | | |
| Aire | | 0,02 | 134,93 |
| Agua | | 0,14 | 944,53 |
| Residuos generales | 6.746,66 | 0,12 | 809,60 |
| Tratamiento/disposición de residuos específicos por sector | | 0,12 | 809,60 |
| Empleo de empastes en la boca | | | |
| Agua | 6.746,66 | 0,012 | 80,96 |
| Eliminación (dientes perdidos y extraídos) | | | |
| Agua | | 0,18 | 1.214,40 |
| Subproductos e impurezas | | 0,04 | 242,88 |
| Residuos generales | 6.746,66 | 0,07 | 485,76 |
| Tratamiento/disposición de residuos específicos por sector | | 0,07 | 485,76 |

PILAS O BATERÍAS

En las pilas, el mercurio tiene como función evitar la acumulación de gas hidrogeno dentro de ellas; sin embargo, la preocupación mundial por el riesgo que representa el mercurio para la salud ha generado nuevas tecnologías, limitando así el uso de mercurio a las pilas de botón [73]. Por lo anterior, la cuantificación de mercurio para esta subcategoría se limitará a este producto.

Las pilas de tipo botón son aquellas en forma de moneda o botón que se usan para suministrar energía a pequeños dispositivos electrónicos portátiles, pueden ser de óxido de litio; zinc-aire; alcalinas y de litio y plata. Las baterías de zinc de aire se utilizan principalmente en los audífonos; las de óxido de plata, en relojes y cámaras y las pilas alcalinas de manganeso, en los termómetros digitales, calculadoras, juguetes y otros productos que requieren una fuente de alimentación compacta.

De acuerdo con el “Convenio de Cooperación Científica y Tecnológica, para desarrollar actividades relacionadas con la gestión de los residuos post-consumo de fuentes de iluminación, pilas primarias y secundarias” [74], la mayoría de importaciones de pilas procede de los Estados Unidos y de acuerdo a un informe de la Comisión Mixta Permanente de Recursos Naturales de los Estados Unidos [75], el contenido promedio de mercurio en ellas es de 2,5 mg, 8,5 mg y 10,8 mg para los tipos de óxido de plata, zinc-aire y alcalinas, respectivamente.

El mercurio de las baterías se libera al ambiente, principalmente durante la fabricación y eliminación, aunque también puede ser liberado en las otras etapas del ciclo de vida del producto. El uso y eliminación de estas pilas no está regulado y por ende se disponen en la basura de la casa y rara vez las empresas productoras las recogen para el reciclaje.

Tabla 28. Cuantificación de mercurio en las baterías tipo botón

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t baterías vendidas/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/t baterías) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|---|---|---|---------------------------------|
| Pilas de botón (zinc-aire, pilas alcalinas tipo botón, de óxido de plata) | 1,60 | 7,00 | 11,20 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución (Kg de Hg/Ton) | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 11,20 | 0,25 | 2,80 |
| Suelo | | 0,25 | 2,80 |
| Desechos en general | | 0,50 | 5,60 |
| Liberaciones totales | | | 11,00 |

LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (LFC) Y OTRAS BOMBILLAS FLUORESCENTES

Las LFC contienen pequeñas cantidades de mercurio, el cual les da la característica de ahorradoras, es decir consumen menos energía que una bombilla ordinaria. En promedio, las LFC contienen 4 mg de mercurio, sellado dentro del tubo de vidrio y la liberación de este ocurre en forma de vapor, cuando se rompe o elimina la lámpara [28]. El bajo consumo de energía y su vida útil, 10 veces mayor al de las corrientes, las hace una buena opción de consumo ya que ahorra dinero y no emite gases de efecto invernadero. En comparación, algunos termómetros contienen 500 mg de mercurio aproximadamente, cantidad comparable con la utilizada en 100 lámparas fluorescentes compactas.

La tasa de actividad para esta subcategoría se obtiene sumando los datos de consumo de las fuentes lumínicas que contienen mercurio. Los factores de entrada y liberación se tomaron del instrumental (Tabla 29).

Tabla 29. Cuantificación de mercurio en fuentes de luz con mercurio

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (artículos vendidos/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/Ton) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|--|--|---|---------------------------------|
| Tubos fluorescentes (fin doble) | 81.169.501,00 | 0,000025 | 2029,24 |
| Lámpara fluorescente compacta (fin individual) | 14.017.568,00 | 0,00001 | 140,18 |
| Otros fuentes de luz que contengan Hg | 1.116.666,00 | 0,0000225 | 25,12 |
| Total | 96.303.735,00 | | 2.194,54 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución (Kg de Hg/Ton) | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 2.194,54 | 0,30 | 658,36 |
| Suelo | | 0,30 | 658,36 |
| Residuos generales | | 0,60 | 877,82 |
| Liberaciones totales | | | 2.194,54 |

NOTA: La tasa de actividad para cada tipo de lámpara se calculo con base en la información de las partidas arancelarias de la DIAN [].

INTERRUPTORES ELÉCTRICOS

Los interruptores eléctricos o *switches* son los dispositivos que abren o cierran un circuito eléctrico ó líquido o una válvula de gas. Los interruptores que contienen mercurio corresponden a los tipo flotador, accionados por el aumento o disminución del nivel de líquido; interruptores basculantes, accionado por un cambio en la posición del interruptor; interruptores de presión, accionada por un cambio en la presión y los interruptores de temperatura y sensores de llama, accionados cambios en la temperatura.

Para esta categoría la tasa de actividad utilizada corresponde a la población colombiana en el año 2009. Los factores de entrada y distribución se tomaron del instrumental (Tabla 30).

Tabla 30. Cuantificación de mercurio en interruptores eléctricos con mercurio

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (Número de habitantes) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/habitante) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|---------------------------|---|---|------------------------------------|
| | 44.977.758,00 | 0,00014 | 6.296,89 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución (Kg de Hg/Ton) | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,30 | 1.889,07 |
| Suelo | 6.296,89 | 0,40 | 2.518,75 |
| Residuos generales | | 0,30 | 1.889,07 |
| | | Liberaciones totales | 6.296,89 |

TERMÓMETROS

Un termómetro es un tubo de vidrio cerrado por ambos extremos, que contiene mercurio y una escala de temperatura estándar pintada en el vidrio del tubo. En estos productos el mercurio se utiliza para marcar la temperatura, debido a que los cambios térmicos expanden y contraen el metal. Un termómetro de mercurio se puede identificar fácilmente por la presencia de una bombilla de plata. Si la bombilla es de color rojo, azul, morado, verde o cualquier otro color, no es un termómetro de mercurio. Los termómetros de mercurio se utilizan para determinar la temperatura corporal (termómetros), la temperatura de líquidos y de vapor; se utilizan en los hogares, laboratorios, centros médicos, hospitalarios, instituciones educativas e industria.

Los termómetros de mercurio son de uso común en los hogares para medir fiebre y en la industria de repostería y de carnes para controlar la temperatura de los congeladores.

A continuación se detallan los diferentes tipos de termómetros que existen en el mercado nacional:

Termómetros de mercurio para medir la temperatura corporal

Los termómetros de mercurio para medir la temperatura corporal están clasificados en dos tipos: oral / rectal / termómetros bebé, que contiene cerca de 0,61 g de mercurio, y termómetros de temperatura basal, que contiene cerca de 2,25 g de mercurio.

Termómetros para fines institucionales de educación y usos médicos

Los termómetros de mercurio se pueden utilizar en muchas aplicaciones, incluyendo experimentos químicos, baños de agua, bancos de sangre, hornos e incubadoras.

Termómetros de usos industriales

Las actividades industriales que requieren del uso de termómetros son las centrales eléctricas; la fabricación de tuberías y tanques; los depósitos químicos; los procesos de calefacción y refrigeración; las cervecerías; las fábricas de conservas, las panaderías, las industrias de dulces y lácteos; la fabricación de embarcaciones, las bodegas y destilerías y las calderas usadas en la fabricación de pintura.

Las liberaciones a partir de termómetros pueden ocurrir, al aire, el agua y la tierra, dependiendo de lo cerrados que sean los sistemas de manufactura y de los procedimientos de manejo en el lugar de trabajo y dentro de las unidades de producción individual, este caso particular no aplica en el país. Cuando los termómetros se rompen durante su uso y durante su disposición después de cumplida su vida útil, puede liberarse a la tierra o al relleno sanitario, pero posteriormente se libera al agua y al aire, dependiendo en gran medida, de los tipos y de la eficacia de los procedimientos de recolección y manejo de desechos.

Las liberaciones de mercurio debidas a rompimientos y pérdidas de los termómetros, pueden calcularse a partir del consumo nacional de termómetros que lo contengan y del número de termómetros que se rompen o pierden durante su vida útil (Tabla 31).

Tabla 31. Cuantificación de mercurio en termómetros

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (artículos vendidos/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/artículo) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|--|---|---|------------------------------------|
| Termómetros médicos | 1.921.309,00 | 0,001 | 1921,31 |
| Otros termómetros de vidrio con Hg (aire, de laboratorio, productos lácteos, etc.) | 132.435,00 | 0,012 | 1589,22 |
| Termómetros de control, industriales y Termómetros especiales con Hg | 224.102,00 | 0,103 | 23.082,51 |
| Liberaciones totales | 2.277.846,00 | | 26.593,04 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución (Kg de Hg/Ton) | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 26.593,04 | 0,20 | 5.318,61 |
| Agua | | 0,30 | 7.977,91 |
| Suelo | | 0,20 | 5.318,61 |
| Residuos generales | | 0,30 | 7.977,91 |
| | | Liberaciones totales | 26.593,035 |

PINTURAS

Antiguamente solía añadirse, a las pinturas a base de agua, acetato fenilmercúrico u otros compuestos de mercurio para que actuaran como biocidas, cuyo propósito era extender la vida útil de almacenamiento ya que controlaban la fermentación bacteriana dentro de la lata. Además, los compuestos inorgánicos de mercurio, de baja solubilidad, se usaban, antes de 1970, como aditivos en recubrimientos y pinturas marinas a fin de evitar la contaminación de los cascos de los buques por bacterias y otros organismos marinos [72].

Según las partidas arancelarias consultadas en el país, no se producen ni se importan ningún tipo de pinturas con algún tipo de ingrediente que contenga mercurio, por lo tanto esta subcategoría no se tiene en cuenta para este inventario.

OTROS MANÓMETROS Y MEDIDORES DE MERCURIO

En esta categoría se incluye los medidores de presión sanguínea, los manómetros/controles de presión para uso industrial, los manómetros con propósitos educativos y las válvulas de presión de calefacción urbana.

En el caso de las válvulas de presión para calefacción urbana y para usos educativos, el mercurio metálico que se emplea, suele venderse por separado, es decir, no está integrado en el producto. El mercurio puede suministrarse durante el período de uso de todos los tipos mencionados y puede desecharse con los dispositivos o por separado. Existen alternativas sin mercurio para todos los usos y poco a poco están sustituyendo los equivalentes con mercurio [76].

Al igual que en el caso de otros productos que contienen mercurio, las liberaciones pueden darse al aire, a las aguas residuales o al suelo, ya sea por el rompimiento o la pérdida de mercurio contenido en medidores/manómetros o por el almacenamiento de estos en rellenos sanitarios, caso en el cual la liberación se da al suelo y posteriormente al agua y el aire [77].

Un factor de entrada por defecto se puede basar en lo propuesto por Floyd *et. al.* [77], quien calcula que por cada 2 toneladas de los productos mencionados anteriormente, hay una entrada de 0.005 g de Hg por habitante durante el año de estudio, aproximadamente. De igual manera, debe destacarse que la cuantificación de mercurio para cada uso es difícil de discriminar y de distinguir lo cual induce a errores en el cálculo [76, 77].

Para este inventario se tendrá en cuenta el factor de entrada estipulado por Floyd, los factores de distribución del instrumental. La tasa de actividad utilizada corresponde a la población colombiana en el año 2009 (Tabla 32).

Tabla 32. Otros manómetros y medidores de mercurio

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (Número de habitantes) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/habitante) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|-----------------------------|---|---|------------------------------------|
| | 44.977.758,00 | 0,000005 | 224,89 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución (Kg de Hg/Ton) | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,20 | 44,98 |
| Agua | 224,89 | 0,30 | 67,47 |
| Suelo | | 0,20 | 44,98 |
| Residuos generales | | 0,30 | 67,47 |
| Liberaciones totales | | | 224,89 |

LABORATORIOS QUÍMICOS Y OTROS LABORATORIOS Y EQUIPOS MÉDICOS CON MERCURIO

El mercurio se usa en aparatos especiales de laboratorio (contadores de Coulter, etc.), reactivos químicos para análisis como: el de demanda química de oxígeno (DQO); el de Kjeldahl (análisis de nitrógeno); el de electrodos para mediciones fisicoquímicas, electrodos calomel, y otros. Parte de ese mercurio se libera al aire, especialmente a través del sistema de ventilación de las instalaciones. Sin embargo, la mayor parte del mercurio puede liberarse en las aguas residuales o depositarse como desechos sólidos o municipales.

Es posible que se haya sustituido al mercurio en algunos equipos y métodos analíticos citados. No obstante, en la práctica, para algunos análisis estándar, el mercurio resulta difícil de sustituir, aun cuando se disponga de sustitutos.

Para esta categoría el factor de entrada se basa por defecto en los valores del Instrumental del PNUMA, el cual se toma como base el consumo actual de los productos mencionados anteriormente. A través de un estudio se mostró la relación entre la concentración de mercurio existente en los laboratorios, equipos de medición y reactivos, y el número total de habitantes, obteniéndose que por cada habitante hay 0.01 g Hg en laboratorios químicos y 0.04 g Hg en otros laboratorios médicos. Sobre esta base, se aplica un único factor de distribución (FD) de 1, el cual es dividido entre las matrices de liberación así: agua, 0,33; residuos generales, 0,33 y tratamiento /disposición específicos por sector, 0,34 (Tabla 33).

Tabla 33. Cuantificación de mercurio en laboratorios químicos

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (Número de habitantes) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/habitante) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|-------------------------------------|---|---|------------------------------------|
| | | 44.977.758,00 | 0,00001 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución (Kg de Hg/Ton) | Estimación de emisiones de Hg |
| Agua | | 0,33 | 148,43 |
| Residuos generales | 449,78 | 0,33 | 148,43 |
| Tratamiento/disposición de residuos | | 0,34 | 152,92 |
| Liberaciones totales | | | 449,78 |

Tabla 34. Cuantificación de mercurio en otros laboratorios médicos

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (Número de habitantes) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/habitante) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|-------------------------------------|---|---|------------------------------------|
| | | 44.977.758,00 | 0,00004 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución (Kg de Hg/Ton) | Estimación de emisiones de Hg |
| Agua | | 0,33 | 593,71 |
| Residuos generales | 1.799,11 | 0,33 | 593,71 |
| Tratamiento/disposición de residuos | | 0,34 | 611,70 |
| Liberaciones totales | | | 1.799,11 |

GESTIÓN Y RECICLAJE DE RESIDUOS

En este capítulo se han agrupado las categorías de producción de metales reciclados, incineración de residuos y disposición de residuos en rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales. A continuación se hace un análisis acorde a las categorías, y sus respectivas subcategorías, establecidas en el instrumental del PNUMA.

PRODUCCIÓN DE METALES RECICLADOS

La categoría de producción de metales reciclados incluye la producción de mercurio reciclado y de metales ferrosos reciclados. En Colombia, el mercurio se recupera mediante procesos de extracción de equipos desmantelados y productos de desecho como manómetros, termómetros, desechos hospitalarios y lámparas. Sin embargo, este mercurio no se comercializa sino que se dispone en recipientes especiales herméticamente sellados y se confina en celdas de seguridad [57]. Por lo anterior esta subcategoría no se tendrá en cuenta para el análisis de cuantificación de mercurio.

Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)

En Colombia se tiene poca información referente a esta categoría, por lo que los datos obtenidos deben considerarse como una aproximación a la realidad nacional ya provienen solamente de la chatarrización de automotores.

La tasa de actividad tomada como referencia equivale a la cantidad de automotores chatarrizados en el año 2009 y los factores de entrada y liberación se tomaron del instrumental del PNUMA (Tabla 35).

Tabla 35. Cuantificación de mercurio en la producción de metales ferrosos reciclados

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (Vehículos chatarrizados/ año) | Factor de entrada (Kg de Hg/ vehíc. chat.) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|---------------------------|---|--|------------------------------------|
| | | 278,00 | 0,0011 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,33 | 0,101 |
| Suelo | 0,306 | 0,34 | 0,104 |
| Desechos en general | | 0,33 | 0,101 |
| | | Liberaciones totales | 0,306 |

Incineración de residuos

La incineración es un tratamiento clave para eliminar los residuos hospitalarios y peligrosos que se generan a diario en Colombia. En este punto se contemplan cuatro sub-categorías dependiendo del tipo de residuo incinerado: desechos municipales/generales, desechos peligrosos, desechos médicos y lodos cloacales e incineración informal de desechos.

En general, todo el mercurio que entra a los incineradores es evaporado y liberado a la atmósfera, cuando no se cuenta con filtros, o colectado en los filtros de las chimeneas; sin embargo, en algunos tipos de incineradores parte del mercurio puede quedarse en la ceniza de la rejilla o en los residuos de los materiales parcialmente incinerados. La cantidad de mercurio liberada a la atmósfera dependerá en gran medida de la cantidad y calidad de los dispositivos de control.

Los desechos sólidos municipales consisten básicamente en basura doméstica; desechos sólidos de tipo industrial y residuos hospitalarios que no provienen de la industria manufacturera; y que generalmente se incineran de manera no controlada. Por su parte, los desechos con materiales minerales suelen depositarse en rellenos sanitarios, siempre y cuando exista uno, de lo contrario serán arrojados en los botaderos municipales donde no hay selección, ni clasificación de los residuos que llegan.

El mercurio contenido en los desechos generales puede agruparse de la siguiente manera: 1) mercurio usado en productos desechados y residuos de procesos; 2) impurezas naturales de mercurio y 3) mercurio como contaminante traza antropogénico en grandes volúmenes de material.

Para calcular la tasa de actividad, se contactó a las empresas gestoras de residuos que prestan el servicio de tratamiento térmico, teniendo como referente aquellas ubicadas en las grandes ciudades del país, por ser las más representativas, y se solicitó información de la base de datos de registro de generadores de residuos peligrosos del IDEAM donde se recopila la información a nivel nacional. Inicialmente, se quiso utilizar como referente el inventario nacional de dioxinas y furanos (2002), en el cual se habían identificado 130 hornos incineradores de residuos peligrosos y 171 hornos de residuos hospitalarios en el territorio nacional [58]. Sin embargo, al entrar en vigencia las resoluciones 058 de 2002 y 886 de 2004, el número de incineradores en funcionamiento han disminuido, debido a que han sido desmantelados por no cumplir con las condiciones técnicas de operación, lo cual ha hecho que los generadores de residuos contraten a empresas gestoras de residuos peligrosos para realizar el tratamiento térmico a los residuos resultantes de su actividad o sus procesos productivos.

Incineración de desechos municipales

Esta categoría incluye los residuos municipales domésticos que son llevados a los diferentes sitios de disposición final, como rellenos sanitarios; enterramientos y botaderos a cielo abierto, sin ser sometidos a tratamiento térmico.

Adicionalmente, se contemplan los residuos incautados e incinerados en los aeropuertos de las principales ciudades y que cuentan con sus propios hornos. Según información de la Aerocivil, los hornos instalados en estos sitios han sufrido un proceso de desmantelamiento por cuanto la incineración se está haciendo a través de empresas especializadas que cuentan con los equipos, procedimientos y permisos ambientales. Para el año 2009, solamente el Aeropuerto Internacional El Dorado cuenta con un horno incinerador de última tecnología, pero aún no se encuentra en operación ya que el permiso de emisiones atmosféricas se está tramitando ante la Secretaría Distrital de Ambiente.

Por lo anterior, esta categoría no se tendrá en cuenta en esta primera aproximación a la cuantificación nacional de mercurio.

Incineración de desechos peligrosos

Aquí se incluyen todos aquellos residuos generados en las diferentes actividades productivas y que dadas sus características de peligrosidad no pueden ser dispuestos con los residuos ordinarios ya que pueden causar daño a la salud y al ambiente [59]. Algunos de los residuos incinerados son: estopas y envases plásticos contaminados con hidrocarburos, aceite usado; ACPM; gasolina, y disolventes orgánicos, entre otros.

La tasa de actividad para esta sub-categoría fue calculada teniendo en cuenta los reportes de algunas empresas donde se realiza tratamiento térmico. No se utilizó la información de la base de datos del registro de generadores de residuos peligrosos del IDEAM, ya que la información reportada sola va hasta el año 2008 y los factores de entrada y distribución se tomaron del instrumental del PNUMA (Tabla 36).

Tabla 36. Cuantificación de mercurio en la incineración de desechos peligrosos

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t desechos incinerados / año) | Factor de entrada (G de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|
| | 14.020,00 | 0,024 | 336,48 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | | 0,9 | 302,83 |
| Tratamiento/disposición de residuos | 336,48 | 0,1 | 33,65 |
| | | Liberaciones totales | 336,48 |

Incineración de desechos médicos

Los desechos hospitalarios representan un riesgo para la salud del personal médico; pacientes; visitantes; personal de recolección de desechos y en general a toda la comunidad, así como para el ambiente. Una de las alternativas para resolver esta problemática en Colombia, fue incluir el programa nacional para la gestión integral de residuos hospitalarios en el Plan Nacional Ambiental (PLANASA, 2000 – 2010), en el cual se incluye el manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares que exige a los generadores un adecuado manejo de los desechos hospitalarios.

Los desechos hospitalarios generalmente sometidos a tratamiento térmico, son los elementos cortopunzantes, anatomopatológicos y biosanitarios. Los residuos mercuriales no son sometidos a tratamiento térmico dado que las alternativas de disposición final aceptadas en Colombia para éste tipo de residuos son los rellenos con celdas de seguridad y el encapsulamiento por cementación. El análisis de TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) sirve para controlar que no haya lixiviación desde el material aglomerado y devolución al proveedor [60].

Los cálculos de tasa de actividad para esta sub-categoría se tomaron de los registros de generadores de residuos peligrosos (2008); corrientes de residuos A4020, desechos clínicos y afines, y desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas (Y1) del IDEAM, entidad que reporta valores más altos que los suministrados por las respectivas empresas. El factor de entrada utilizado, fue el sugerido por el PNUMA. Los cálculos se pueden observar en la Tabla 37.

Tabla 37. Cuantificación de mercurio en la incineración de desechos médicos

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t desechos incinerados / año) | Factor de entrada (G de Hg/ t) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|
| | | 7.344,00 | 0,024 |
| Liberación | | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | Entrada estimada Kg de Hg/año | 0,90 | 158,63 |
| Tratamiento/disposición de residuos | 176,26 | 0,10 | 17,63 |
| Liberaciones totales | | | 176,26 |

Incineración de lodos cloacales

En Colombia este tipo de desechos corresponde a los lodos resultantes de los diferentes tratamientos de las aguas residuales; sin embargo, no hay información disponible sobre la disposición final de los mismos, aunque se presume que estos lodos no son sometidos al proceso de incineración.

La disposición final de estos lodos se ha complicado por el contenido de metales pesados y microorganismos que no permiten que sean usados como abono agrícola. Por lo tanto, esta sub-categoría no se tratará en este inventario dado que no hay información disponible.

Quema de desechos a cielo abierto

Esta subcategoría incluye aquellos desechos municipales que no son dispuestos en rellenos sanitarios ni en botaderos o sitios de enterramiento, si no que son quemados a cielo abierto sin ningún tipo de control.

Para el cálculo de la tasa de actividad se tuvo en cuenta la información suministrada por la superintendencia de servicios públicos, referente a la disposición final de los desechos en el territorio Colombiano [61]. El factor de entrada utilizado fue el suministrado por el Instrumental PNUMA. Los cálculos de las liberaciones de mercurio al ambiente se presentan en la Tabla 38.

Tabla 38. Cuantificación de mercurio por quema de desechos a cielo abierto

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t desechos incinerados / año) | Factor de entrada (Kg de Hg/ t de desechos) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|---------------------------|---|--|------------------------------------|
| | | 4.749,00 | 0,0055 |
| Liberación | | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | Entrada estimada Kg de Hg/año | 1 | 23,75 |
| Liberaciones totales | | | 23,75 |

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS RELLENOS SANITARIOS Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Esta categoría incluye las sub-categorías de rellenos sanitarios/depósitos controlados, vertederos informales de desechos y sistemas de tratamiento de aguas residuales. La cuantificación de la entrada y liberación de mercurio para estas subcategorías se detalla a continuación.

Rellenos sanitarios/depósitos controlados

Los rellenos sanitarios son el referente de la disposición final de los residuos sólidos en Colombia, actividad que hace parte integral del servicio público de aseo según La Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones y posteriormente sus decretos

reglamentarios. El mercurio existente en estos sistemas proviene de las concentraciones propias de cada producto depositado en el relleno y de los gases y lixiviados que se generan durante el proceso de degradación de los residuos sólidos.

En enero de 2009, se estimó una producción de residuos sólidos de 11.268.692 t/año, de las cuales 10.095.119 (89,6%) fueron dispuestos en 255 rellenos sanitarios, entre los que se cuentan 58 de tipo regional. En los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Guaviare, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima y Valle, se disponen un total de 23.087 t/día provenientes de 486 municipios, es decir el 72% de los residuos totales provenientes de los municipios que disponen de relleno sanitario [61]. Los departamentos donde se concentra la mayor generación de residuos sólidos son los que tienen mayor población: Cundinamarca, Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico y Norte de Santander, y es allí donde están los rellenos más grandes y complejos del país.

En Colombia, la gran mayoría de los residuos sólidos generados son depositados en rellenos sanitarios sin que haya un proceso de clasificación o separación en el lugar donde se generan, por lo que allí van a parar todo tipo de residuos: sólidos domiciliarios; hospitalarios no patógenos; industriales no peligrosos; los desechos provenientes del barrido de calles y los residuos de productos que contienen mercurio como termómetros, pilas, bombillas, interruptores.

La cantidad de mercurio en los desechos depende directamente del consumo de productos y materiales que lo contienen y que van a los sitios de disposición final en nuestro país. La cantidad estimada de residuos sólidos depositados en rellenos sanitarios en el año 2009, fue de 10.095.119 toneladas. Para el cálculo de la tasa de actividad se tomó la información reportada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarias y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la que se reportaba el número de rellenos sanitarios. El factor de entrada utilizado es el del PNUMA debido a que no se encontraron reportes sobre las cantidades de mercurio en los desechos sólidos municipales dispuestos en los rellenos sanitarios (Tabla 39).

Tabla 39. Rellenos sanitarios/depositos controlados

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t desechos depositados en rellenos/ año) | Factor de entrada (g de Hg/ t de desechos) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|-----------------------------|---|---|------------------------------------|
| | | 10.095.119,00 | 0,005 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 50.475,60 | 0,01 | 504,76 |
| Agua | | 0,001 | 5,05 |
| Liberaciones totales | | | 509,81 |

Se asume que los 49.965,79 kilogramos de mercurio no liberados quedan confinados dentro de los rellenos, cuando estos están bien impermeabilizados, o se liberan al suelo cuando no cuentan con una adecuada impermeabilización. En el caso ideal cuando el sistema no presenta infiltraciones el 98% del mercurio queda confinado dentro del relleno sanitario.

En Colombia no se tienen estudios que correlacionen las liberaciones de mercurio en lixiviados y gases en un mismo sitio de disposición final, lo que genera un vacío de información para calcular los factores de emisión en gases, obligando a utilizar los factores preliminares proporcionados por el instrumental del PNUMA.

Vertederos informales de desechos

Colombia cuenta con 246 botaderos a cielo abierto donde se disponen un promedio de 767.909 toneladas de residuos sólidos municipales al año. Estos botaderos no cuentan con la infraestructura necesaria para la captación de lixiviados y biogás y no utilizan ningún material de recubrimiento para los residuos que allí se disponen. Adicionalmente, en 48 sitios se efectúa el enterramiento de 60.119 toneladas de residuos sólidos municipales sin planificación, impermeabilización y recubrimiento de los residuos, salvo algunas excepciones.

La tasa de actividad de 828.028 toneladas se calculó a partir de la información reportada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; el factor de entrada utilizado fue el mismo para los botaderos y los sitios de enterramiento y fue tomado del instrumental, al igual que los factores de distribución (Tabla 40).

Tabla 40. Vertederos informales de desechos

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (t desechos vertidos / año) | Factor de entrada (g de Hg/ t de desechos) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|-----------------------------|--|---|------------------------------------|
| | | 828.028,00 | 0,005 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 4.140,14 | 0,1 | 414,01 |
| Agua | | 0,1 | 414,01 |
| Suelo | | 0,8 | 3.312,12 |
| Liberaciones totales | | | 4.140,14 |

Sistemas de tratamiento de aguas residuales

En Colombia las aguas residuales municipales generalmente son vertidas sin ningún tratamiento en los cuerpos de agua. La mayoría de los principales municipios cuentan con plantas de tratamiento primario y algunos pocos cuentan con tratamiento secundario.

En la actualidad, la disposición final de los lodos se hace como en relleno sanitario, para recuperación de taludes y zonas donde hubo explotación de minas; en lotes baldíos, e inclusive clandestinamente son arrojados a las fuentes de agua. Sin embargo, no se tiene información sobre la cantidad, caracterización y destinación de los lodos.

Para calcular la cantidad de aguas residuales domésticas generadas y vertidas al alcantarillado, se tomó la población de las cabeceras reportada en el censo del año 2005, obteniendo un uso promedio de 163 L/habitante-día. La cobertura del servicio de alcantarillado urbano para ese mismo año fue de 87,9%. En el año 2009, se trataron 608.417.741 m³ de aguas residuales municipales urbanas de origen doméstico y 1.298.652.480 m³ se vertieron sin tratamiento [62].

La entrada de mercurio para esta sub-categoría, se calculó tomando los factores de entrada y distribución dados por el instrumental del PNUMA (Tabla 41), teniendo en cuenta que las aguas residuales son en su mayoría de origen doméstico y provienen de las áreas urbanas y que para las aguas residuales industriales se permite una descarga máxima de 0,02 mg Hg/L, según lo reglamentado en el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura y en el Decreto 3440 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Tabla 41. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (m ³ /año) | Factor de entrada (Kg de Hg/ t de desechos) | Entrada estimada (Kg de Hg/año) |
|-----------------------------|--|--|------------------------------------|
| | | 608.417.741,00 | 0,00000525 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Agua | 3.194,19 | 0,9 | 2.874,77 |
| Residuos generales | | 0,1 | 319,42 |
| Liberaciones totales | | | 3.194,19 |

CREMATORIOS Y CEMENTERIOS

En este proceso el mercurio se libera a la atmósfera durante el proceso de incineración de los cadáveres, siendo el aire la matriz más afectada por esta actividad [72], que implica altas temperaturas. Es probable que gran parte del mercurio de los cadáveres cremados se libere al aire a través de la chimenea. Sin embargo, algunos crematorios disponen de controles eficaces de emisión y la mayor parte del mercurio puede llegar a las cenizas volantes y otros residuos, y un porcentaje muy pequeño puede encontrarse en las cenizas de los restos [78]. Las emisiones atmosféricas generadas por este tipo de instalaciones está reglamentada por las resoluciones 0058 de 2002, 0886 de 2004 y 909 de 2008.

La cantidad de mercurio en un cadáver humano, varía considerablemente y depende en gran medida del número de empastes con amalgama que posea en la boca y en menor medida, del tamaño de estos. Se ha estimado que el empaste dental tradicional contiene entre 0.2 y 0.6 g de mercurio, y aproximadamente 0.4 g de mercurio por empaste. Aunque la cantidad de mercurio emitida por un solo cuerpo es pequeña, la suma de todos los cadáveres cremados en un año genera una emisión de mercurio considerable. Los cuerpos no cremados, también liberan mercurio al ambiente mediante los procesos de lixiviación y degradación biológica.

La cremación es una alternativa cada vez más popular para la disposición final de cadáveres en Colombia, factores como el bajo costo; el menor impacto emocional en los familiares y el reducido impacto para el medio ambiente, la convierte en una alternativa importante.

En el país se encuentran reportes de la existencia de aproximadamente 40 hornos crematorios, la mayoría de los cuales cuentan con cámara de postcombustión y en donde los cadáveres son cremados sin ataúd [79]. Los hornos crematorios más grandes están ubicados en: Antioquia (8)², Valle del Cauca (6), Bogotá D.C. (5), Bolívar (4) y en Córdoba (2). A nivel nacional, Medellín registra los índices de cremación más altos en Colombia ya que el 58% de las personas que fallecen diariamente en la ciudad son cremadas, seguido de Bogotá con un 47% y Cali con un 39%, con una alta tendencia a aumentar [80].

Aunque el auge de la cremación es indiscutible en las grandes ciudades, la cultura de la inhumación persiste en la mayoría del territorio nacional, encontrando aún diferentes tipos de cementerios como los que se mencionan a continuación:

- Cementerio de bóvedas: Predominan las inhumaciones en espacios cerrados y estructuras sobre el nivel del suelo.
- Cementerio de sepulturas o tumbas: Predominan las inhumaciones en espacios y estructuras bajo el nivel del suelo.
- Cementerios de bóvedas y sepulturas o tumbas: Admiten inhumaciones en ambas destinaciones.
- Cementerios en altura: Se admiten inhumaciones de cuerpo en bóvedas, osarios o inhumación de cenizas en varios pisos.
- Jardín cementerio: Predominan las inhumaciones en sepulturas o tumbas³.

De 38 parques cementerios, el 30% están cumpliendo con la normatividad, y de los 1000 cementerios municipales, 700 están tramitando las autorizaciones y permisos ante las autoridades competentes [26].

² El número entre paréntesis indica la cantidad de hornos que existen en el departamento mencionado.

³ Fenalco. 2010. Comunicación personal

En Colombia, la prestación de los servicios de cementerios, inhumación, exhumación y cremación de cadáveres, por parte de empresas públicas: privadas o mixtas, dedicadas a éste servicio se encuentra reglamentada por la resolución 1447 de 2009.

Algunos estudios señalan que la cantidad de mercurio liberada por un cuerpo cremado oscila entre 0,036 y 2,140 g/cuerpo [81]; sin embargo, es necesario ahondar en investigaciones, a nivel nacional, que permitan identificar el valor promedio de mercurio en los cadáveres del país y las liberaciones ocurridas en el lugar de reposo de los mismos (inhumación o cremación).

Para realizar la estimación de la tasa de actividad para ésta categoría, se tomó como referencia la información del comité de funerarias y parques cementerios de FENALCO. Los cálculos de las entradas, liberaciones y emisiones de mercurio que se presentan, se realizaron con base en los factores de entrada y distribución, suministrados por el Instrumental del PNUMA.

El Comité Nacional de funerarias y parques cementerios de FENALCO reportó, para el año 2009, 184.000 fallecimientos, de los cuales 33.000 fueron cremaciones, es decir el 18% de las cremaciones totales a nivel nacional. Por lo tanto, la tasa de actividad correspondiente a cremaciones humanas es de 33.000 (Tabla 42) y de 151.000 para los cuerpos enterrados (Tabla 43).

Tabla 42. Cuantificación de mercurio en los hornos crematorios colombianos

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (cuerpos enterrados/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ cuerpos enterrados) | Entrada estimada Kg de Hg/año |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------|
| | | 33.000,00 | 0,0025 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Aire | 82,50 | 1 | 82,50 |
| Liberaciones totales | | | 82,50 |

Tabla 43. Cuantificación de mercurio en los cementerios colombianos

| Entrada total de mercurio | Tasa de actividad (cuerpos enterrados/año) | Factor de entrada PNUMA (Kg de Hg/ cuerpos enterrados) | Entrada estimada Kg de Hg/año |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------|
| | | 151.000,00 | 0,0025 |
| Liberación | Entrada estimada Kg de Hg/año | Factores de distribución | Estimación de emisiones de Hg |
| Suelo | 377,50 | 1 | 377,50 |
| Liberaciones totales | | | 377,50 |

ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se presenta un análisis de los resultados obtenidos en el inventario que busca presentar los resultados de una manera más sencilla y sintetizada con el fin de resaltar las mayores problemáticas del país en cuanto a las liberaciones de mercurio se refiere.

ENTRADAS DE MERCURIO

Colombia, en el año 2009, tuvo una entrada de 352.300 kilogramos de mercurio proveniente principalmente de actividades como la producción de oro con y sin amalgamación; la producción de cloroálcali; la disposición de desechos; la industria de químicos y polímeros y el uso y la disposición de otros productos con contenido de mercurio (Figura 4).

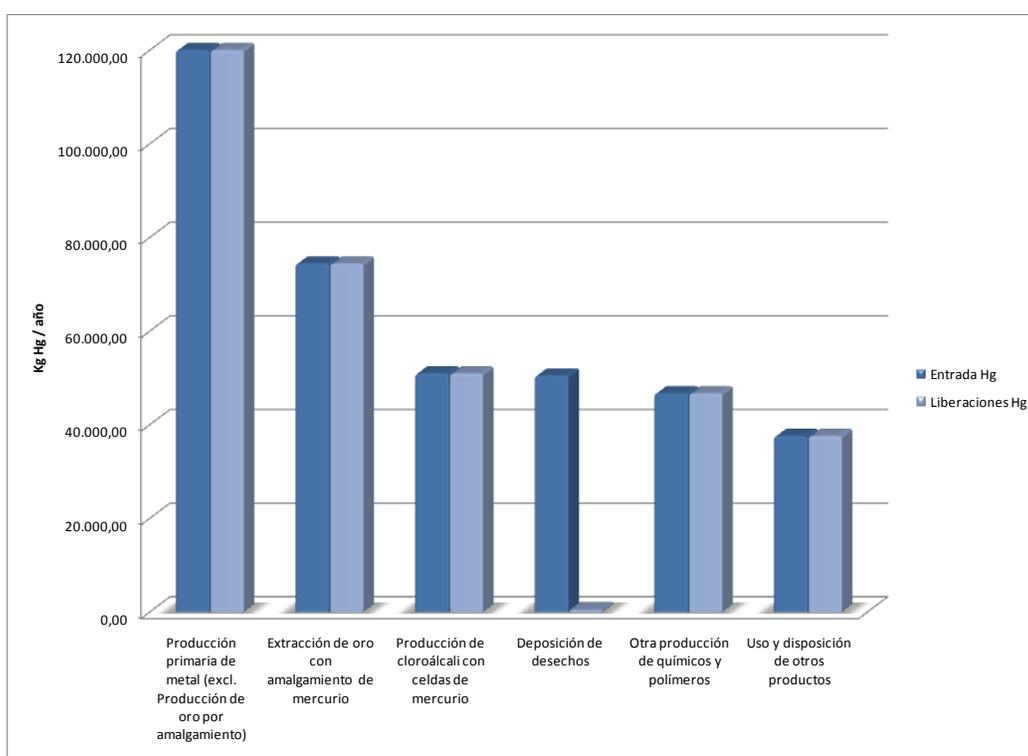
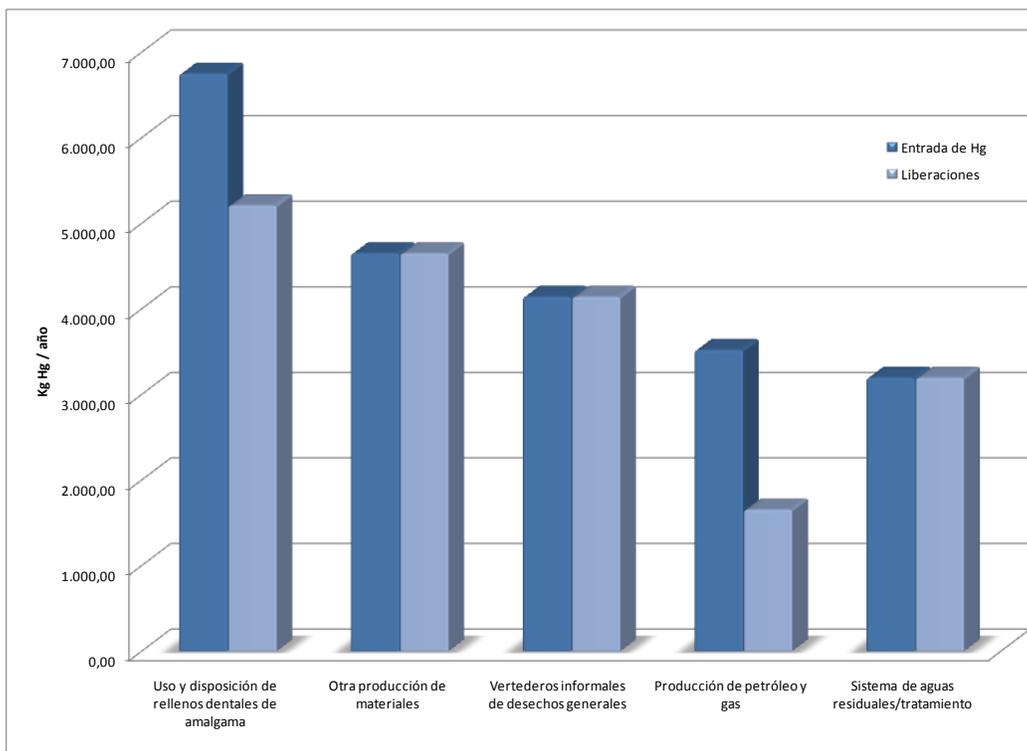


Figura 4. Categorías con mayor cuantificación de mercurio

En este primer grupo se encuentran las mayores entradas y liberaciones de mercurio, salvo para la categoría de los desechos donde la entrada es mucho mayor que la salida, por lo que representa aquellos sectores donde deben priorizarse las acciones de control. La diferencia mencionada es un factor común en muchos sistemas de tratamientos de residuos a nivel mundial, ya que la complejidad de estos y las múltiples reacciones de descomposición de la materia orgánica limitan la medición del mercurio liberado y por ende su cuantificación.

Las categorías restantes se dividieron en medianos y pequeños aportantes de mercurio dependiendo de la cantidad que utilizaron en su procesos productivo, de esta forma se tiene que las actividades industriales de

orden medio son aquellas que consumieron entre 0 y 7000 Kg hg/año (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y las de orden bajo que están entre los 0 y 1000 Kg Hg al año (



).

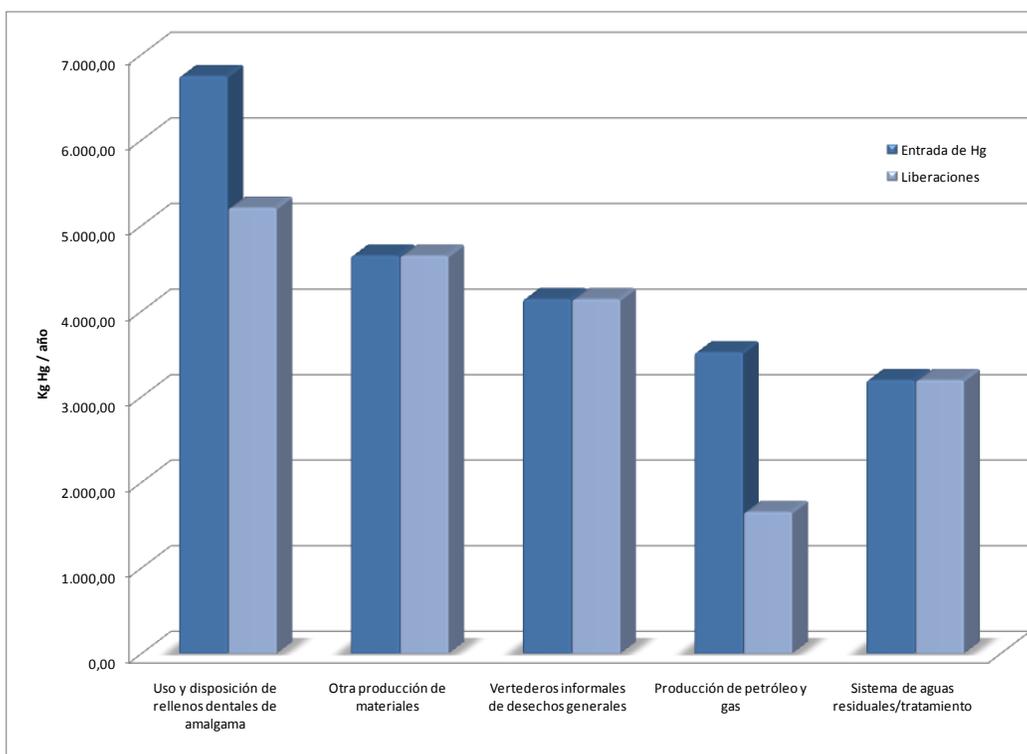


Figura 5. Categorías con mediana cuantificación de mercurio

En la Figura 5 se observa, para las subcategorías de las amalgamas dentales, y la producción de petróleo y gas, que la entrada de mercurio es mucho mayor que la sumatoria de las liberaciones estimadas. Esto se debe a que la vida media del empaste, dentro de la boca, se calcula en 10 años, es decir que mientras la entrada se calcula para el año 2009, la salida está mostrando las liberaciones de los últimos 10 años. En el segundo caso, se presenta una situación más compleja debido a que en el balance de materia de mercurio no es preciso determinar en qué punto se pierde el mercurio, por lo tanto se deben considerar los múltiples procesos y las diferentes intervenciones de extracción y refinación del crudo, además de los variados sub-productos obtenidos a partir de esta industria, lo que dificulta la cuantificación.

En la Figura 6, están las Categorías con menor cuantificación de mercurio, que en relación a las otras presentan niveles muy inferiores en su aporte de Hg. Sin embargo, estas actividades también deben tenerse en cuenta en la toma de decisiones ya que muchos sectores generan entradas bajas pero permanentes que en el largo plazo pueden constituir un problema de contaminación.

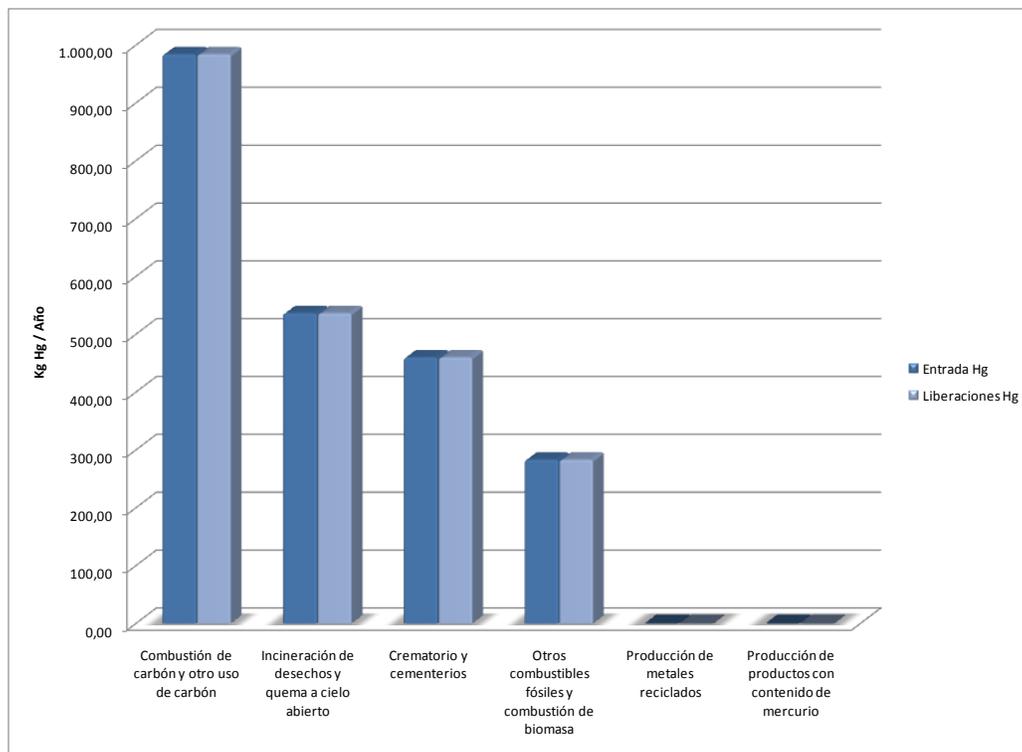


Figura 6. Categorías con menor cuantificación de mercurio

LIBERACIONES DE MERCURIO

Las liberaciones totales de mercurio, para el año 2009, fueron de 345.570 kg distribuidos como se muestra en la Tabla 44.

Tabla 44. Cuantificación de las liberaciones de mercurio en Colombia para el año 2009

| Suelo | Aire | Agua | Tratamiento de desechos de sectores específicos /disposición | Subproductos e impurezas | Desechos en general |
|---------|--------|--------|--|--------------------------|---------------------|
| 151.650 | 74.420 | 31.260 | 45.400 | 28.190 | 14.650 |

Tanto en la Tabla 44 como en la Figura 7, se observa que las matrices ambientales más afectadas son el suelo y el aire, que reciben 226.060 kg., y que dentro del proceso productivo, son el tratamiento de desechos y los subproductos e impurezas, las etapas donde se libera la mayor cantidad de mercurio con 73.590 kg.

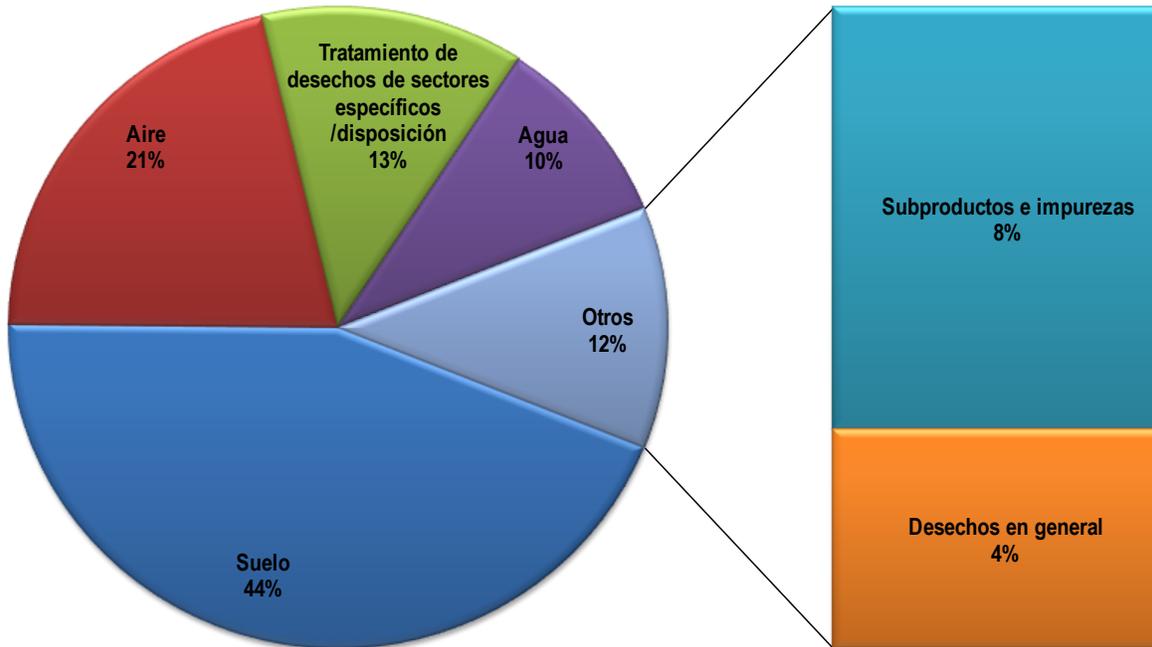


Figura 7. Distribución de las liberaciones de mercurio en las diferentes matrices

ANÁLISIS POR CATEGORÍAS

Del análisis de cada categoría se puede concluir lo siguiente:

Las sub-categorías de Combustión de carbón en plantas de energía grandes y Otros usos del carbón, tienen la misma tasa de actividad debido a que los reportes oficiales no discriminan entre ambas. Además, ambas sub-categorías presentan los mismos factores de distribución.

Para la sub-categoría de extracción de oro con amalgamación de mercurio con uso de retortas, no se encontraron cifras oficiales, aunque se sabe que en algunos entables mineros emplean esta tecnología. Adicional a esto el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ha venido adelantando desde el 2007, proyectos piloto de Producción más Limpia que tienen dentro de sus objetivos la reconversión tecnológica, lo cual incluye el uso de retortas. Estos proyectos han logrado reducir la pérdida de mercurio en las retortas entre un 60 y un 100%, dependiendo de las características del yacimiento. Sin embargo, estos datos no son suficientes para realizar una cuantificación a escala nacional.

En Colombia se producen iluminarias, pero no se tienen datos de tasas de actividad oficiales para poder realizar la cuantificación de esta subcategoría.

Los Manómetros para medir presión arterial (esfigmomanómetro de mercurio), contenidos en la categoría Uso y disposición de productos con contenido de mercurio, no fueron tenidos en cuenta en ese inventario debido a que estos no se producen en el país y todas las unidades son importadas y comercializadas. Por otra parte la entrada al país se hace bajo una partida arancelaria que abarca muchos otros productos, imposibilitando su discriminación para efectos de la cuantificación.

La categoría de extracción de oro con amalgamación y sin uso de retorta, es la actividad que usa y libera mayor cantidad de mercurio en el país, siendo la falta de conocimiento por parte de los mineros artesanales, la deficiencia en los controles ambientales y el manejo inadecuado del mercurio, los factores responsables de esta situación. Adicional a esto cabe resaltar que los mineros artesanales en el país creen que a mayor cantidad de mercurio utilizado, mayor recuperación de oro.

VACIOS DE INFORMACIÓN

Debido a que la solicitud de información primaria no aportó datos suficientes para la cuantificación de mercurio, fue necesario acudir a fuentes de información secundaria como artículos de revistas, tesis, e información de las páginas web oficiales. Por lo tanto, los factores de entrada y distribución de mercurio utilizados para los cálculos presentados en este inventario, se tomaron del instrumental del PNUMA.

En la categoría de “Producción y uso de combustibles como fuente de energía”, el instrumental no reporta datos precisos sobre las posibles liberaciones de mercurio, provenientes de la extracción y refinación de petróleo. Sin embargo, los datos sobre el contenido de mercurio en petróleo crudo y refinado indican que si ocurren liberaciones en estos procesos; lo cual constituye un vacío de datos significativo.

En lo referente a la categoría de “Disposición de desechos en rellenos sanitarios / tratamiento de aguas residuales”, el PNUMA supone que todos los países hacen tratamiento de las aguas residuales, lo cual no es cierto en el caso de Colombia donde no se alcanza a recolectar ni tratar el 100% de las aguas residuales domésticas [62]. En cuanto a la sub-categoría de vertederos informales, para el caso colombiano, se deben incluir los botaderos a cielo abierto y sitios de enterramiento, que deben tratarse por separado si se quiere hacer un análisis exhaustivo de las emisiones al aire y se deben considerar los residuos sólidos que se arrojan directamente a los cuerpos de aguas (ríos, quebradas).

En la categoría de “Hornos crematorios y cementerios”, los vacíos de información generados por la falta de programas de monitoreo y a la reserva de las empresas, obligó a tomar como referencia las cifras obtenidas en las grandes ciudades, que siendo significativas no reflejan la realidad de todo el país.

La limitante para la cuantificación de mercurio en la sub-categoría producción de cloro álcali, categoría de “Procesos y producción nacional de productos con uso de mercurio”, consiste en el desconocimiento del tipo de tecnología que se emplea en la industria nacional y en la reserva de las empresas para suministrar la información. La tasa de actividad calculada es más baja que la real ya que uno de los grupos empresariales produce derivados de cloro-soda para comercialización y como materia prima para la producción de cloruro de vinilo (cadena de cloro – vinilo), industria que presenta el mismo vacío de información. Es importante anotar que las empresas de ambos sectores están creciendo, por lo que las emisiones y liberaciones de mercurio pueden aumentar considerablemente, teniendo en cuenta que la entrada de mercurio en esta categoría puede estar presente en la tecnología, en los catalizadores usados en el proceso y en la materia prima como sal, caliza, carbón, etileno, entre otros.

En la categoría de “Gestión y reciclaje de residuos”, sub-categoría de producción de metales ferrosos reciclados, la carencia de información por parte de las empresas chatarrizadoras de vehículos constituye una limitante y la única información disponible es la publicada en la página web del Ministerio de Transporte [2].

En cuanto a los factores de entrada, propuestos en el instrumental PNUMA, para las sub-categorías de extracción de oro con y sin amalgamación; extracción de cobre y níquel, se detectó una gran diferencia para los factores nacionales. Por tal razón se presenta un anexo (anexo c) con los factores propios del país calculados a partir de datos bibliográficos y de los resultados de los muestreos puntuales realizados. Cabe resaltar, que los cálculos realizados en este apartado, no se tienen en cuenta para la estimación total de mercurio en el inventario debido a

que estas fuentes no están incluidas en el instrumental y a que los factores calculados son puntuales y por ende no pueden extrapolarse a nivel nacional.

PUNTOS CALIENTES

Estos puntos calientes hacen referencia a zonas del país que constituyen puntos focales de contaminación por mercurio debido a que en ellas se encuentran vertederos informales de residuos clausurados como son botaderos a cielo abierto, sitios de enterramiento; rellenos sanitarios clausurados; botaderos de colas y escorias minerales y explotaciones ilegales de oro. En algunas de estas zonas se han encontrado valores de hasta 5.000 ppm de Hg [83].

Dentro de estas zonas de riesgo se encuentran las áreas de inundación y sedimentación ubicadas en el sur de Bolívar, especialmente en la Mojana y en la Depresión Momposina; el Golfo de Urabá, en la desembocadura del Río Atrato y en los alrededores de las desembocaduras de los ríos Patía, San Juan (costa pacífica) y Magdalena (costa atlántica); las zonas cercanas a la antigua planta de Cloro álcali en el sector Mamonal de Cartagena, especialmente un área de 130 hectáreas, en las cuales se almacenaban los lodos resultantes de los procesos. Aunque la primera piscina de almacenamiento se cerró en 1986 y la segunda en 1993, los monitoreos realizados en el año 2004, en los cuatro puntos extremos del área, reportaron valores promedio de 1,0012 mg Hg/Kg en los lodos y de 0,0042 mg Hg/Kg en batracios.

En inmediaciones de la Calera (Cundinamarca), se encuentra una planta de cemento clausurada llamada la Siberia, esta funcionó desde 1933 hasta 1998 y tuvo una producción de 150 Ton/día. Se considera un punto caliente por la acumulación de residuos procedentes de materias primas como caliza y yeso, en las cuales podrían existir cantidades traza de mercurio que pueden ser liberadas a la atmosfera. Sin embargo, se pretende realizar un monitoreo para confirmar la presencia de mercurio en esta planta.

En el Corregimiento de Samaria, al norte del Departamento de Caldas, sobre la margen derecha del Río Cauca, se explotó hasta el año 1977 una Mina de mercurio llamada la “Nueva Esperanza”, cuando se ordenó su cierre ante los graves problemas de salud detectados en los trabajadores que explotaban el yacimiento. Para el caso del Corregimiento de Samaria, es probable que se presenten yacimientos desconocidos de mercurio, teniendo en cuenta su cercanía a los yacimientos de “La Nueva Esperanza” ubicados en el Municipio de Aranzazu, Departamento de Caldas. Por ello, se podría estar liberando mercurio metálico al ambiente y a las aguas de consumo humano. Ante esta situación la Universidad de Caldas ha realizado algunos estudios que permiten identificar la situación de salud de los habitantes de la zona [84].

CONCLUSIONES

La cuantificación realizada en este inventario, para el año 2009, muestra que la entrada total de mercurio en Colombia, procedente de los diferentes sectores productivos y de servicios, es de 356.510,00 Kg Hg/año y que la mayor se da al suelo con 151.650,00 Kg/año.

La categoría extracción primaria de metales representa la mayor entrada y liberación de mercurio, y por lo tanto, representa la mayor problemática de contaminación por mercurio en el país, seguida de las categorías de producción de químicos; disposición de residuos y uso y disposición de productos con contenido de mercurio, las cuales constituyen el 97% del total de las entradas de mercurio a las diferentes vías de distribución.

Los análisis de laboratorio realizados permitieron constatar la presencia de mercurio en materias primas naturales, productos elaborados y residuos líquidos y sólidos; sin embargo, es importante realizar estudios posteriores sistemáticos y con suficiente rigurosidad estadística que permitan determinar las líneas base y los rangos de mercurio en todos estos materiales; realizar inferencias de concentraciones regionales y ajustar los cálculos de entrada de mercurio que se presentan en este inventario. Estos resultados no se incluyen debido a que son muestras puntuales propias de las empresas que colaboraron con el estudio y que son considerados confidenciales.

La información de fuentes primarias se obtuvo mediante correos electrónicos, llamadas telefónicas, visitas, entrevistas y oficios; sin embargo, no hubo una respuesta favorable por parte de las empresas y de algunas entidades públicas, lo cual dificultó y limitó la cuantificación.

Con base en los resultados obtenidos en este inventario, se elaboró una propuesta de plan de acción dirigida a establecer metas, acciones y responsabilidades institucionales e interinstitucionales en el ámbito nacional, para reducir, eliminar, prevenir y controlar la contaminación de mercurio. El plan de acción es un documento complementario al inventario.

Como mecanismo de divulgación de la información contenida en este libro, se realizaron talleres de socialización de los resultados del inventario, en las ciudades de Medellín, Cali, Bucaramanga, Bogotá y Cartagena; la convocatoria a estos talleres se hizo a las personas de instituciones académicas, sectores productivos y de prestación de servicios, que de alguna u otra manera están ligadas a las categorías contempladas para efectos de mejor comprensión en este libro. La mayor ganancia de estos talleres, fue que permitieron llegar a otros sectores productivos, diferentes a la minería, que también están involucrados en la problemática del mercurio, y se alcanzó a generar conciencia en muchos de los sectores que se creían ajenos a esta.

Este inventario se encuentra publicado en la página web

RECOMENDACIONES

Debido a los vacíos de información encontrados se hace necesario implementar estrategias para la compilación de información con el fin de complementar este inventario, empezar a elaborar un inventario de nivel 2 y tener un diagnóstico más aproximado a la situación del país.

Para la segunda versión de este inventario se recomienda utilizar los datos de los proyectos de producción más limpia para establecer un factor de entrada propio del país y compararlo con el establecido en el instrumental del PNUMA.

La sub-categoría vertederos informales de residuos, incluye los botaderos a cielo abierto y los sitios de enterramiento de residuos, se recomienda que estos sean tratados por separado para poder realizar un análisis más exhaustivo en cuanto a la estimación de las liberaciones al aire.

Se sugiere incluir como nueva sub-categoría la de “Disposición de residuos sólidos en cuerpos de agua”, ya que el instrumental no la incluye y es una situación que se ha identificado en Colombia.

Las empresas prestadoras del servicio de aseo, en especial de recolección y disposición final, deben aunar esfuerzos, junto con los productores y distribuidores, para la recolección selectiva de residuos sólidos peligrosos de origen domésticos (pilas, medicamentos, bombillas, aerosoles, insecticidas caseros, etc.). Así mismo deben, concientizar y sensibilizar a la comunidad en general, para la correcta separación y entrega.

En Colombia no se tienen estudios que permitan calcular los factores de entrada de mercurio en los desechos sólidos ni en las aguas residuales domésticas. Así mismo, no se conocen factores de emisión y liberación en gases y lixiviados de rellenos ni en tratamientos de aguas residuales, por lo que se hace necesario desarrollar un programa de monitoreo en estas actividades industriales.

Se sugiere reconsiderar la validez de restarle al total de la liberación del mercurio en el suelo, la liberación proveniente de las amalgamas dentales, dado que la ley colombiana da a los empastes con amalgamas dentales un tratamiento de residuo hospitalario lo que solo cantidades traza de mercurio quedan en la saliva y son excretadas a las aguas residuales domésticas.

Se considera importante tener en cuenta la cantidad de mercurio presente en el material de cobertura que se utilice en los rellenos sanitarios, dado que esto puede aumentar las emisiones al aire y al agua (lixiviados).

Se propone incluir otra sub-categoría “Tratamientos de aguas para consumo humano” ya que por la exposición a la contaminación antropogénica o natural por mercurio, los lodos provenientes de estos tratamientos pueden contener cantidades apreciables de mercurio, por lo que se sugiere hacer un programa de monitoreo mediante el cual se pueda obtener esta información.

Cabe aclarar que las recomendaciones técnicas, reglamentarias, educativas y gubernamentales, relacionadas con la problemática del mercurio, son explicadas en la propuesta de plan de acción que complementa este inventario.

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Amalgama: mezcla homogénea de dos o más metales.

Anatomopatológico: examen de las alteraciones a nivel celular, emplea para ello un pedazo de órgano del cuerpo (biopsia) o del órgano extirpado

Antropogénico: se refiere a los procesos, materiales y efectos que resultan de la actividad industrial humana y que tiene un impacto en el entorno ambiental y social. Efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana

Arrabio: material fundido que se obtiene en el alto horno mediante reducción del mineral de hierro. Se utiliza como materia prima en la obtención del acero en los hornos siderúrgicos.

Bauxita: es una roca sedimentaria de origen químico compuesta mayoritariamente principalmente por alúmina (Al_2O_3) y, en menor medida, óxido de hierro y sílice

Bioacumulación: es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos.

Biocida: sustancia química sintética o de origen natural o microorganismos, que están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo considerado nocivo para el hombre.

Biomagnificación: es un proceso de bioacumulación de una sustancia tóxica. Ésta se presenta en bajas concentraciones en organismos al principio de la cadena trófica y en mayor proporción a medida que se asciende en la cadena trófica.

Biosanitario (residuos): son los residuos específicos de la actividad sanitaria, potencialmente contaminados con sustancias biológicas al haber estado en contacto con pacientes o líquidos biológicos.

Catalizador: Sustancia que hace más rápida la velocidad de una reacción química sin participar en ella.

Cloro-álcali: hace referencia a las dos sustancias químicas (cloro y un álcali) que se producen simultáneamente como resultado de la electrólisis del agua salada

Dioxinas: son compuestos químicos obtenidos a partir de procesos de combustión que implican en su estructura al cloró.

Distrito minero: manera informal colombiana para referirse a un municipio, o grupo de municipios, donde se halla ubicado un número significativo de productores mineros.

Entrada estimada o factor de entrada: es el contenido de mercurio por unidad de materia prima procesada, para las sub-categorías con sólo una etapa de ciclo de vida (como la combustión de carbón); para las sub-categorías con más de una etapa en el ciclo de vida (como la producción de pilas), el factor de entrada se define etapa por etapa.

Factores de distribución de las emisiones: la fracción o parte, sin unidades, de la entrada de mercurio que se libera a través de una vía en particular (aire, agua, tierra, producto, desecho general o tratamiento específico de desechos).

Furanos: son compuestos orgánicos heterocíclicos, altamente inflamables y muy volátiles, con un punto de ebullición cercano al de la temperatura ambiente.

Mena: se utiliza para denominar una acumulación de minerales cuya concentración de metales puede considerarse para una explotación económica. En el caso del oro, esta acumulación puede darse en los sedimentos de los ríos (oro aluvial) donde se presenta el mineral sólo o en la roca (oro de filón) donde está acompañado de otros minerales y de material estéril o sin valor económico.

Puntos calientes: lugares específicos donde se presenta fenómenos naturales de bioacumulación o liberación de mercurio, debido a condiciones ambientales, provenientes del uso intencional de mercurio por el hombre.

Turba: material orgánico de color pardo oscuro y rico en carbono, formado por una masa ligera y esponjosa, a la cual se le aprecian los componentes vegetales que la originaron. Se emplea como combustible y en la obtención de abonos orgánicos

SIGLAS Y UNIDADES EMPLEADAS

SIGLAS DE INSTITUCIONES

ANDI: Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.

CORANTIOQUIA: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.

DIAN: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia.

FEDEMETAL: Asociación de Industrias de Metal.

INGEOMINAS: Instituto Colombiano de Geología y Minería.

ONUUDI / UNIDO: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial / The United Nations Industrial Development Organization.

OSHA: Occupational Safety and Health Administration (no tiene sigla ni traducción oficial al español).

UNEP / PNUMA: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente / United Nations Environment Programme.

UN Comtrade: United Nations Commodity Trade Statistics Database (no tiene sigla ni traducción oficial al español).

SIGLAS DE PRODUCTOS

LFC: Lámparas fluorescentes compactas

MCV: monómero de cloruro de vinilo / **VCM:** Vinyl Chloride Monomer.

UNIDADES DE MEDIDA

m³: metro cubico.

Nm³: Volumen de un metro cúbico en condiciones normales.

Kg: kilogramo.

t: tonelada métrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mancera Rodríguez NJ, Álvarez León R. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 2006;11(1):3-23.
2. Olivero-Verbel J, Caballero-Gallardo K, Torres-Fuentes N. Assessment of mercury in muscle of fish from Cartagena Bay, a tropical estuary at the north of Colombia. *International Journal of Environmental Health Research*. 2009;19(5):343-55.
3. UPME. Producción más limpia en la minería del oro en Colombia [Electronico]. Bogotá2007 [Citado 2010 05 Oct 2010]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/Mineria_limpia.pdf.
4. Olivero Verbel J, Johnson Restrepo B. El lado gris de la minería del oro: la contaminación con mercurio en el norte de Colombia. *Cartagen2002* [Citado 2010 05 Oct 2010]. Disponible en: http://reactivos.com/images/LIBRO_MERCURIO - Olivero-Johnson-Colombia.pdf.
5. Olivero J, Solano B. Mercury in environmental samples from a waterbody contaminated by gold mining in Colombia, South America. *The Science of The Total Environment*. [doi: 10.1016/S0048-9697(98)00175-2]. 1998;217(1-2):83-9.
6. Olivero-Verbel J, Johnson-Restrepo B, Mendoza-Marín C, Paz-Martinez R, Olivero-Verbel R. Mercury in the Aquatic Environment of the Village of Caimito at the Mojana Region, North of Colombia. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2004;159(1):409-20.
7. Marrugo-Negrete J, Olivero, Verbel J, Ceballos E, Benitez L. Total mercury and methylmercury concentrations in fish from the Mojana region of Colombia. *Environmental Geochemistry and Health*. 2008;30(1):21-30.
8. INGEOMINAS. Producción Nacional de Minerales. Bogotá2010 [15 Sep 2010]; Producción Nacional de Minerales año 2009]. Disponible en: <http://www.ingeominas.gov.co/Mineria/Regalias/Produccion-Nacional-de-Minerales.aspx>.
9. Veiga MM. Antioquia, Colombia: the world's most polluted place by mercury: impressions from two field trips. United Nations Industrial Development Organization; 2010. p. 26.
10. La-Republica. Mercurio, el lado oscuro del boom del oro en Colombia. *Diario La Republica* [serial on the Internet]. 2010: Disponible en: http://www.larepublica.com.co/archivos/ECONOMIA/2010-07-14/mercurio-el-lado-oscuro-del-boom-del-oro-en-colombia_105383.php.
11. UPNE. Alteraciones neurocomportamentales en personas expuestas a mercurio en la actividad minera del oro en el municipio de Segovia (Antioquia) 2005. Bogota: Unidad de planeación minero-energética; 2006 15 Sep 2010]. Disponible en: <http://www.upme.gov.co/Docs/Mineria/1887.pdf>.
12. Idrovo ÁJ, Manotas LE, Villamil de García G, Ortiz JE, Silva E, Romero SA, et al. Niveles de mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Orinoquia colombiana). *Biomédica*. 2011;21(2):134-41.
13. Olivero-Verbel J, Johnson-Restrepo B, Baldiris-Avila R, Güette-Fernández J, Magallanes-Carreazo E, Vanegas-Ramírez L, et al. Human and crab exposure to mercury in the Caribbean coastal shoreline of Colombia: Impact from an abandoned chlor-alkali plant. *Environment International*. 2008;34(4):476-82.

14. Lin C-J, Pehkonen SO. Two-phase model of mercury chemistry in the atmosphere. *Atmospheric Environment*. 1998;32(14-15):2543-58.
15. Yudovich YE, Ketris MP. Mercury in coal: a review: Part 1. *Geochemistry. International Journal of Coal Geology*. 2005;62(3):107-34.
16. De Flora S, Bennicelli C, Bagnasco M. Genotoxicity of mercury compounds. A review. *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*. 1994;317(1):57-79.
17. Schuurs AHB. Reproductive toxicity of occupational mercury. A review of the literature. *Journal of Dentistry*. 1999;27(4):249-56.
18. EPA. Mercury - Human Exposure. 2010 [Citado 2010 01 Oct]; Disponible en: <http://www.epa.gov/hg/exposure.htm>.
19. Grandjean P, Satoh H, Murata K, Eto K. Adverse Effects of Methylmercury: Environmental Health Research Implications. *Environ Health Perspect*. 2010;118(8).
20. Barshick CM, Barshick S-A, Britt PF, Lake DA, Vance MA, Walsh EB. Development of a technique for the analysis of inorganic mercury salts in soils by gas chromatography/mass spectrometry. *International Journal of Mass Spectrometry*. 1998;178(1-2):31-41.
21. Counter SA, Buchanan LH. Mercury exposure in children: a review. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2004;198(2):209-30.
22. Health-Canada. Mercury and Human Health. 2009 [Citado 2010 15 Oct]; Disponible en: <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/environ/merc-eng.php>.
23. UPME. Políticas ambientales Bogota2010 [Citado 2010 15 de Sep]; Disponible en: http://www.upme.gov.co/quia_ambiental/carbon/gestion/politica/politica/politica.htm#POLÍTICAS
24. ICPC. Producción de Cemento en Colombia. Bogotá: Instituto Colombiano de Productores de Cemento; 2010 [Citado 2010 06 de Abril]; Disponible en: <http://www.icpc.org.co/site/pages/cifras.html>.
25. ANH. Producción de crudo y gas natural. Bogotá, Colombia: Agencia Nacional de Hidrocarburos; 2010 [Citado 2010 24 May]; Disponible en: <http://www.anh.gov.co/es/index.php?id=8>.
26. Fenalco. Parques cementerios Bogotá: Fenalco; 2010 [Citado 2010 06 de Oct]; Disponible en: http://www.fenalcobogota.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=1521&Itemid=1.
27. AMERICAN-PUBLIC-HEALTH-ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 21 ed. New York2005.
28. PNUMA. Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases. Geneva, Switzerland2005 [Citado 2010 15 de Sep]. Disponible en: <http://www.chem.unep.ch/mercury/Toolkit/UNEP-final-pilot-draft-toolkit-Dec05.pdf>.
29. Morales Y W, Carmona L I. Estudio de algunos elementos traza en carbones de la cuenca Cesar – Ranchería, Colombia. *Boletín de ciencias de la tierra*. 2007;20(1):75-88.
30. SIMCO. Anuario estadístico minero colombiano. Ministerio de Minas y Energía; 2009 [Citado 2010 15 de Sep]; Disponible en: http://www.simco.gov.co/Portals/0/Otros/DOC_ESP.pdf.

31. IMC. Boletín Minero. Bogotá: Información minero Colombiano; 2009 [Citado 2010 13 de May]; Disponible en: <http://www.imcportal.com/index.php>.
32. SIMCO. Información de Exportaciones. Bogotá: Sistema de Información Minero Colombiano; 2010 [Citado 2010 15 de May]; Disponible en: http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/consulta_exportaciones.aspx?idmodulo=4.
33. Labarthe F H, Reiche C C. Consumo de leña y otros combustibles en trapiches In: Turrialba CRC, editor. Consumo de leña y otros combustibles en trapiches de San Ramón, Costa Rica. San José, Costa Rica 1989. p. 75.
34. ASOCAÑA. Una agroindustria que jalona el crecimiento regional y nacional. Informe Anual 2009 - 2010. Cali, Colombia: ASOCAÑA; 2010. p. 43.
35. Pirrone N, Costa P, Pacyna JM, Ferrara R. Mercury emissions to the atmosphere from natural and anthropogenic sources in the Mediterranean region. Atmospheric Environment. 2001;35(17):2997-3006.
36. ACP. Sector Minero y Petrolero en Colombia. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana del Petroleo; 2009 [Citado 2010 22 de May]; Disponible en: http://www.acp.com.co/assets/documents/asuntos%20economicos/exploracion%20y%20produccion/2010/doctecnico_prorroga_aranceles_2010.pdf.
37. Municipalidad-de-Marmato-Caldas. Perspectivas económicas Municipio de Marmato Caldas. Marmato Caldas 2010 [Citado 2010 07 de Oct]; Disponible en: <http://marmato-caldas.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mlxx-1-&m=f#economia>.
38. SIMCO. Producción de Minerales, Exportaciones (pago regalías). Bogotá, Colombia: Sistema de Información Minero Colombiano; 2009 [Citado 2010 24 Sep]; Disponible en: <http://www.simco.gov.co/simco/Estad%C3%ADsticas/Producci%C3%B3n/tabid/121/Default.aspx>.
39. Botero Botero SM. Caracterización mineralógica de la mena y concentrado aurífero proveniente de la zona alta del distrito minero de Marmato y su implicación en las alternativas metalúrgicas extractivas. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2006.
40. Carreño EW. Incorporación de tecnologías limpias para beneficiar minerales auríferos en la pequeña minería de vetas y califonia (Santander) buscando reducir vertimientos de mercurio y cianuro. Bucaramanga, Colombia 2009 [Citado 2010 24 May]; Disponible en: http://www.cdm.gov.co/ciaga/documentosciaga4/articulo_mineria.pdf.
41. UPME. Unidad de planeación minero energética Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética; 2005 [Citado 2010 14 Oct]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/Distritos_Mineros.pdf.
42. Medoro-Reources. Annual and Special Meeting of Shareholders Toronto, Canada: Medoro Resources Ltd; 2010 [Citado 2010 14 de Oct]; Disponible en: http://www.medororesources.com/site/ywd_medororesources/assets/pdf/Management_Information_Circular_2010.pdf.
43. UN-Contrade. Importación de mercurio metálico en Colombia. New York: United Nations; 2010 [Citado 2010 7 de Oct]; Disponible en: <http://comtrade.un.org/db/dqBasicQueryResults.aspx?px=HS&cc=280540&r=170&p=0&rg=1&y=2009,2008,2007,2006,2005&so=8>.

44. Uribe M. Industria papelera : ejemplo de compromiso ambiental. Revista Andi. 2010;222(1):32 - 40.
45. DANE. Encuesta anual manufacturera. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística; 2010 [Citado 2010 11 de Oct]; Disponible en: http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=96&Itemid=59.
46. Revista-Dinero. Se agita mercado de la sal en Colombia. Bogotá2006 [Citado 2010 10 de Agosto]; Disponible en: http://www.dinero.com/negocios/agita-mercado-sal-colombia_24024.aspx.
47. Revista-Dinero. Sal para muchos años. Bogotá2010 [Citado 2010 10 de Agosto]; Disponible en: http://www.dinero.com/wf_ImprimirArticulo.aspx?IdRef=58783&IdTab=1.
48. oceana.org. La contaminación del mar por mercurio tiene una de sus principales fuentes en la industria de cloro-álcali. noticias.info; 2005 [Citado 2010 30 de Sept]; Disponible en: http://www.noticias.info/Archivo/2005/200501/20050128/20050128_46457.shtm.
49. EuroChlor. Industria europea cloro-álcali - Caminando Hacia un Desarrollo Sostenible. Bruselas, Bélgica: Euro Chlor; 2010 [Citado 2010 30 de Sep]; Disponible en: <http://www.eurochlor.org/upload/documents/document15.pdf>.
50. Console S, Veiga MM, editors. Mercury Import and Consumption in Antioquia, Colombia2009.
51. portafolio.com.co. Grupo Mexichem amplía sus negocios en Colombia: adquirió Colpozos S.A. Bogotá: Diario El Tiempo; 2008 [Citado 2010 15 de Agosto]; Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4080280>.
52. Mexichem. Resinas Colombia suscribe acuerdo con Braskem para exportación de PVC. Ciudad de Mexico: Mexichem 2010 [Citado 2010 15 de Agosto]; Disponible en: <http://www.mexichem.com/resinascolombia/noticias10.html#160210>
53. Mexichem. Nuestra industria en cifras Mercado Mundial PVC en Colombia. Mexico D.F.2009 [Citado 2010 28 de Agosto]; Disponible en: http://www.mexichem.com/resinascolombia/industria_cifras.html .
54. IMC. Colsalminas ingresa a competir en el mercado de la sal. Bogotá: Información Minera de Colombia; 2008 [Citado 2010 2 de Oct]; Disponible en: <http://www.imcportal.com/newsfiles/20080921053420.pdf?PHPSESSID=9786bddf273623046d8d47e5816a4af4>.
55. ANDI. Pilas y medio ambiente. Bogotá: Cámara sector de electrodomésticos; 2010 [Citado 2010 11 de Oct]; Disponible en: http://www.andi.com.co/pages/proyectos_paginas/proyectos_detail.aspx?pro_id=177&Id=20&clase=8&Tipo=2.
56. Convenio de cooperación científica y tecnológica para desarrollar actividades relacionadas con la gestión de los residuos posconsumo de fuentes de iluminación, pilas primarias y secundarias Bogotá: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial; 2008.
57. LITO. Servicios de almacenamiento. Medellín: Gestión Integral de Excedentes Industriales y Residuos Peligrosos; 2010 [Citado 2010 06 de Oct]; Disponible en: http://www.litoltda.com/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=30.

58. Inventario Nacional de fuentes de liberaciones de dioxinas y furanos de Colombia línea base 2002 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial; [Citado 2010 06 de Oct]. Disponible en: http://siscop.ine.gob.mx/descargas/pnis/colombia_dioxinas_y_furanos.pdf.
59. Política ambiental para la gestión de desechos o residuos peligrosos (2005). . Bogotá: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial; [Citado 2010 06 de Oct]. Disponible en: http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/publicacion_politica.pdf.
60. Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares de 2002. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Salud, Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos de Bogotá; 2002 [Citado 2010 06 de Oct]; Disponible en: http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=8cf97c692bfb8688eaf05115108c7ab8&x=2776.
61. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia – diagnóstico 2009. Bogotá: Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios; [Citado 2010 18 de Marzo]; Disponible en: http://www.superservicios.gov.co/home/c/document_library/get_file?uuid=bcd04c23-976c-4244-9ed5-1685b66824fe&groupId=10122.
62. Sistemas de alcantarillado en Colombia. Visión del servicio público. Bogotá DC. Bogotá: Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. Grupo de estudios sectoriales acueducto y alcantarillado; 2009 [Citado 2010 18 de Marzo]; Disponible en: <http://www.superservicios.gov.co/home/web/guest/publicaciones>.
63. EPA. Mercury Study Report to Congress. United States Environmental Protection Agency; 2008 [Citado 2010 18 de Mayo]; Disponible en: <http://www.epa.gov/hg/report.htm>.
64. WHO. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Geneva: World Health Organization; 2003 [Citado 2010 18 de Mayo]; Disponible en: <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>.
65. WHO. El Mercurio en el Sector de la Salud. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2005 [Citado 2010 11 de Oct]; Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/mercurio_es.pdf.
66. Maxson P. Mercury flows in Europe and the world: The impact of decommissioned chloralkali plants. Draft final. Bruselas: European Commission Directorate General for Environment; 2003 [Citado 2010 23 de Agosto]; Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/report.pdf>.
67. UNEP. Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury. Geneva: UNEP Chemicals; 2006 [Citado 11 de Oct]; Disponible en: www.chem.unep.ch/mercury/Trade-information.htm.
68. Morrison J. Exposure assessment of household mercury spills. Journal of Chemical Health and Safety.14(1):17-21.
69. SÖRme L, Lindqvist A, SÖDerberg H. Capacity to Influence Sources of Heavy Metals to Wastewater Treatment Sludge. Environmental Management. 2003;31(3):0421-8.
70. Sörme L, Lagerkvist R. Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm. The Science of The Total Environment. 2002;298(1-3):131-45.

71. Skare I, Engqvist A. Human Exposure to Mercury and Silver Released from Dental Amalgam Restorations. Archives of Environmental Health: An International Journal. 1994 1994/10/01;49(5):384-94.
72. NJ-MTF. New Jersey Mercury Task Force Report. Volume III. Source of Mercury in New Jersey. New Jersey: New Jersey Department of Environmental Protection; 2002 [Citado 2010 13 de Agosto]; Disponible en: <http://www.state.nj.us/dep/dsr/Vol3-chapter1.pdf>.
73. Galliga C, Moros G. An Investigation of Alternatives to Miniature Batteries Containing Mercury. Lowell Center for sustainable Production. Massachusetts University of Massachusetts Lowell; 2004 [Citado 2010 17 de Oct]; Disponible en: <http://www.maine.gov/dep/mercury/minibattalt.pdf>.
74. Convenio de cooperación científica y tecnológica para desarrollar actividades relacionadas con la gestión de los residuos posconsumo de fuentes de iluminación, pilas primarias y secundarias. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
75. Maine.gov. Mercury Use in Button Batteries. Department of Environmental protection; 2005 [Citado 2010 03 de Oct]; Disponible en: http://www.maine.gov/dep/rwm/mercury/button_battery_report.htm.
76. COWI. Reduction of atmospheric mercury emissions from Arctic countries - questionnaire on emissions and related topics. Denmark: ACAP and Danish Environmental Protection Agency; 2002 [Citado 2010 07 de Nov]; Disponible en: <http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/DC66C438-D61E-49C6-AD5D-72968DC5849F/0/ACAPHgquestionnaireintroduction.PDF>.
77. Floyd PZ, Crane ST, Bencko V. Risks to Health and the Environment Related to the Use of Mercury Products. Brussels: Prepared for the European Commission, DG Enterprise, Risk & Policy Analysts Limited. Contract J372/Mercury; 2002 [Citado 2010 12 de Agosto].
78. Reindl J. Summary of References on Mercury Emissions from Crematoria. Wisconsin: Madison Wisconsin: Dane County Department of Public Works; 2008 [Citado 2010 06 de Oct]; Disponible en: <http://www.ejnet.org/crematoria/reindl.pdf>.
79. Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Colombia. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2007 [Citado 2010 14 Jun]; Disponible en: http://siscope.ine.gob.mx/descargas/pnis/colombia_dioxinas_y_furanos.pdf.
80. El-Tiempo.com. Investigan a consorcio administrador de hornos crematorios por no controlar contaminación ambiental. Bogotá: El Tiempo; 2009 [Citado 2010 06 de Oct]; Disponible en: http://200.41.9.38/colombia/bogota/ARTICULO-PRINTER_FRIENDLY-PLANTILLA_PRINTER_FRIENDLY-6422387.html.
81. Santarsiero A, Settimo G, Dell'Andrea E. Mercury emission from crematoria. Ann Ist Super Sanità. 2006;42(3):369-73.
82. Caracol.com.co. Por ecología y economía crece la cultura de la cremación en Colombia. Bogotá: Caracol Radio; 2009 [Citado 2010 06 de Oct]; Disponible en: <http://www.caracol.com.co/nota.aspx?id=878727>.
83. Ramírez J. Recuperación de mercurio a partir de efluentes sólidos de amalgamación y cianuración en el nordeste antioqueño [Tesis de grado]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2005.
84. La exposición a mercurio metálico. Bogotá: Biosalud – Revista de Ciencias Básicas; 2010 [Citado 2010 17 de Oct]; Disponible en: <http://biosalud.ucaldas.edu.co/downloads/Revista%2015.pdf>.

República de Colombia
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible



**DIAGNÓSTICO NACIONAL
DE SALUD AMBIENTAL**



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



fcv
fundación
cardiovascular de
colombia

Colombia, Diciembre de 2012.



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**

Presidente de la República
Juan Manuel Santos Calderón

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Juan Gabriel Uribe

Viceministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Adriana Soto Carreño

Supervisora de consultoría

Marcela Bonilla Madriñán
Directora de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana



**DIAGNÓSTICO NACIONAL
DE SALUD AMBIENTAL**

El presente documento fue realizado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través del contrato de consultoría 543 de 2012 con recursos provenientes del crédito IDS.

Coordinador del equipo consultor

Alvaro Javier Idrovo MD, EHSO, MSP, MSc, PhD

Equipo consultor

Magali Hurtado Díaz, Lic Inf, MSc

Luis Camilo Blanco, Ing Amb Sanit, MSc

Julián D. Acuña Bermúdez, Ing Amb Sanit

Diana C. Jaimes Vega, MD, MSc(c)

Héctor F. Duarte Tagles, Ing Ecol, MSc, PhD

José Moreno Montoya, Est, MSc, PhD

Julián A. Fernández Niño, MD, MSP, MSc

Carlos E. Pinzón Flórez, MD, MSc, PhD(c)

Colaboradores

Libia Romero Castellanos, Psic, EPyP

Claudia I. Amaya Castellanos, Psic, MSP.

Query J. Mora Albarracín, TS

Néstor F. Naranjo Estupiñán, Enf

John Fredi Arguello Duarte, Enf

Camilo A. Rojas Velandia, MD

Luis Arias Medellín



CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE FIGURAS Y TABLAS | 8 |
| 1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA | 29 |
| 1.1. Colombia en el contexto mundial | 30 |
| 1.2. El dilema de la enfermedad ocupacional y ambiental en Colombia | 33 |
| 1.3. Poblaciones vulnerables y justicia ambiental | 34 |
| 1.4. Objetivo del informe | 36 |
| 1.5. Metodología | 36 |
| 1.5.1. Revisión de literatura relevante | 37 |
| 1.5.2. Búsqueda en universidades | 37 |
| 1.5.3. Revisión de registros nacionales | 38 |
| 1.5.3.1. Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ENCV) 2010 y 2011 | 38 |
| 1.5.3.2. Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) | 38 |
| 1.5.3.3. Redes de monitoreo de calidad del aire (SISAIRE) | 39 |
| 1.5.3.4. Eventos centinela (consultas y mortalidad) | 39 |
| 1.6. Limitaciones del informe | 41 |
| 1.7. Reconocimientos | 42 |
| 2. RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS | 44 |
| 2.1. Colombia y los residuos sólidos | 46 |
| 2.1.1. Residuos sólidos convencionales en Colombia | 46 |
| 2.2. Residuos sólidos por departamento | 50 |
| 2.3. Residuos peligrosos en Colombia | 51 |
| 2.4. Colombia y los países de América Latina y el Caribe | 55 |
| 2.5. Residuos y efectos en la salud | 57 |
| 3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA | 68 |
| 3.1. Distribución del agua en Colombia | 69 |
| 3.2. Enfermedad diarreica | 72 |
| 3.2.1. Carga de la enfermedad | 74 |
| 3.2.2. Cólera | 75 |
| 3.2.3. Fiebre tifoidea y paratifoidea y otras infecciones por <i>Salmonella</i> | 76 |
| 3.2.4. Otras bacterias (<i>Escherichia coli</i>) | 78 |
| 3.2.5. Parásitos (<i>Cryptosporidium</i> y <i>Giardia lamblia</i>) | 78 |
| 3.2.6. Factores de riesgo | 79 |
| 3.2.7. Parásitos intestinales (<i>Ascaris lumbricoides</i> y <i>Trichuris trichiura</i>) | 79 |
| 3.2.8. Hepatitis A | 80 |
| 3.2.9. Tracoma | 81 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.3. | Contaminantes en cuencas y vertientes | 81 |
| 3.4. | Abastecimiento de agua y condiciones de saneamiento en Colombia | 88 |
| 3.5. | Sistema de información de la vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP) | 90 |
| 4. | CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA | 93 |
| 4.1. | Antecedentes de la calidad del aire y morbilidad en Colombia | 94 |
| 4.2. | Calidad del aire en las principales ciudades del país (2007 - 2009) | 95 |
| 4.3. | Comparación de la calidad del aire de Colombia con respecto a otros países | 96 |
| 4.3.1. | Calidad del aire de Colombia comparado con América Latina y el Caribe | 96 |
| 4.3.2. | Calidad del aire de Colombia comparado con países de Norte América y Europa | 97 |
| 4.3.3. | Calidad del aire de Colombia con respecto a países de Asia y África | 98 |
| 4.3.4. | Comparación de la calidad del aire en las tres ciudades más importantes de Colombia con respecto a otras ciudades y megaciudades del mundo | 99 |
| 4.3.4.1. | Calidad del aire de ciudades Colombianas con respecto a metrópolis de ALC | 99 |
| 4.3.4.2. | Calidad del aire en ciudades Colombianas con respecto a metrópolis de Norte América y Europa | 101 |
| 4.3.4.3. | Calidad del aire en ciudades Colombianas con respecto a metrópolis de Asia y África | 102 |
| 4.4. | Contaminación del aire intramuros por combustibles sólidos y otras sustancias | 103 |
| 4.4.1. | Comparación de la calidad del aire en interiores en Colombia con respecto a otros países | 104 |
| 4.4.1.1. | Calidad del aire en interiores en Colombia con respecto a países de América Latina y el Caribe (ALC) | 104 |
| 4.4.1.2. | Calidad del aire en interiores en Colombia en interiores con respecto a países en Norte América y Europa | 106 |
| 4.4.1.3. | Calidad del aire en interiores en Colombia con respecto a países en Asia y África | 107 |
| 4.5. | Investigaciones relacionadas con contaminación del aire y salud en Colombia | 109 |
| 4.5.1. | Investigaciones relacionadas con calidad del aire y salud, en diferentes regiones municipios y distritos del país | 111 |
| 4.5.1.1. | Antioquia: Valle de Aburra | 111 |
| 4.5.1.2. | Caldas y Risaralda: Manizales y Pereira | 137 |
| 4.5.1.3. | Costa Atlántica: Cartagena y Santa Marta | 142 |
| 4.5.1.4. | Cundinamarca: Bogotá | 152 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 4.5.1.5. | Santander y Norte de Santander: Bucaramanga y Pamplona | 185 |
| 4.5.1.6. | Valle del Cauca: Santiago de Cali | 200 |
| 4.5.1.7. | Zona Minera: Cesar | 223 |
| 5. | SUSTANCIAS TÓXICAS | 231 |
| 5.1. | Exposición aguda a sustancias tóxicas | 231 |
| 5.2. | Mercurio | 234 |
| 5.2.1. | Fuentes naturales de mercurio en Colombia | 235 |
| 5.2.2. | Minería aurífera | 235 |
| 5.2.3. | Evaluación de exposición a mercurio | 237 |
| 5.2.3.1. | Sedimento y agua | 237 |
| 5.2.3.2. | Suelos | 240 |
| 5.2.3.3. | Peces y fauna acuática | 241 |
| 5.2.3.4. | Estudios en humanos | 243 |
| 5.2.4. | Efectos de mercurio sobre la salud | 245 |
| 5.2.4.1. | Efectos neurológicos | 245 |
| 5.2.4.2. | Otros efectos | 246 |
| 5.2.5. | Mercurio y odontología | 247 |
| 5.2.6. | Disposición de residuos en instituciones de salud | 248 |
| 5.3. | Plomo | 248 |
| 5.3.1. | Exposición a plomo | 249 |
| 5.3.2. | Plomo en agua, suelos y sedimentos | 251 |
| 5.3.3. | Contaminación por plomo en aire | 254 |
| 5.3.4. | Plomo en fauna y flora | 255 |
| 5.3.5. | Plomo en humanos | 257 |
| 5.3.5.1. | Plomo en sangre y zinc protoporfirina eritrocitaria (ZPP) | 256 |
| 5.3.6. | Exposición paraocupacional | 256 |
| 5.3.7. | Plomo y efectos sobre la salud | 257 |
| 5.4. | Cadmio | 259 |
| 5.4.1. | Exposición a cadmio | 259 |
| 5.4.2. | Estudios de cadmio y efectos en la salud | 263 |
| 5.5. | Cromo | 264 |
| 5.5.1. | Estudios de cromo y efectos en la salud | 266 |
| 5.6. | Arsénico | 266 |
| 5.6.1. | Estudios de arsénico y efectos en la salud | 268 |
| 5.7. | Flúor | 268 |
| 5.7.1. | Flúor en sal de consumo humano | 269 |
| 5.7.2. | Flúor en agua de consumo humano | 269 |
| 5.7.3. | Flúor en cremas dentales | 269 |
| 5.7.4. | Estudios de flúor y efectos en la salud | 270 |
| 5.8. | Plaguicidas | 271 |
| 5.8.1. | Organoclorados | 271 |

| | |
|--|------------|
| 5.8.1.1. Cáncer y organoclorados | 275 |
| 5.8.2. Exposición a piretroides | 275 |
| 5.8.3. Exposición a organofosforados | 276 |
| 5.8.3.1. Niveles de colinesterasas | 276 |
| 5.8.3.2. Intoxicaciones agudas por organofosforados | 278 |
| 5.8.3.3. Exposición a glifosato | 279 |
| 5.8.3.4. Estudios citogenéticos del glifosato | 280 |
| 5.8.3.5. Glifosato y efectos reproductivos | 280 |
| 5.8.3.6. Estudios citogenéticos y mezclas de plaguicidas | 281 |
| 5.8.3.7. Floricultura y eventos reproductivos | 283 |
| 5.8.3.8. Floricultura y cáncer | 285 |
| 5.9. Asbesto | 284 |
| 5.10. Sustancias tóxicas en la minería | 287 |
| 5.10.1. Estudios en minas de carbón | 288 |
| 5.10.2. Estudios de minas de metales preciosos | 289 |
| 5.10.3. Níquel: el caso de Cerro Matoso | 291 |
| 6. RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES (REM-NI) | 292 |
| 6.1. Clasificación de la radiación electromagnética | 295 |
| 6.2. Características de la radiación electromagnética no ionizante (REM-NI) | 296 |
| 6.2.1. Frecuencias extremadamente bajas (ELF) | 296 |
| 6.2.2. Radiofrecuencias (Rf) | 297 |
| 6.2.3. Microondas (mW) | 297 |
| 6.3. Estudios de exposición a radiaciones no ionizantes | 298 |
| 6.3.1. Normatividad | 299 |
| 6.4. Estudios sobre REM - NI en Colombia | 301 |
| 6.4.1. Exposición a campos electromagnéticos (CEM) y a radio- frecuencias (Rf) | 303 |
| 6.4.2. Exposición a radiación ultravioleta (RUV) | 306 |
| 6.5. Estudios sobre efectos en la salud | 309 |
| 6.5.1. Efectos térmicos de REM-NI | 310 |
| 6.5.2. Efectos de la RUV en la piel y en los ojos | 314 |
| 7. CONCLUSIONES | 320 |
| 7.1. Perfiles regionales de salud ambiental | 321 |
| 7.2. Morbilidad y mortalidad asociada a factores ambientales | 322 |
| 7.3. Problemas de calidad de los registros | 323 |
| 7.4. Sub-registro de enfermedades de origen ambiental | 324 |
| 7.5. Recursos humanos en salud ambiental | 325 |
| 7.6. Algunas recomendaciones | 326 |
| REFERENCIAS | 332 |

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1 Indicadores que permiten la construcción del Índice de Desempeño Ambiental (EPI) para Colombia en 2012. | 30 |
| Tabla 1.2 Indicadores que permiten la construcción del Índice de Salud Oceánica (OHI) (EPI) para Colombia en 2012. | 32 |
| Tabla 2.1 Estimaciones de generación mundial de residuos sólidos. | 46 |
| Tabla 2.2. Sistemas de disposición final 2010 y 2011. | 49 |
| Tabla 2.3. Cercanía de los hogares a reconocidos lugares generadores de gran cantidad de residuos sólidos. | 50 |
| Tabla 2.4. Producción de residuos diaria en los departamentos colombianos. | 51 |
| Tabla 2.5. Producción diaria de toneladas de basura en las principales ciudades de Latinoamérica. | 56 |
| Tabla 2.6. Condiciones de salud de la población de recicladores. Medellín, Colombia. | 65 |
| Tabla 3.1. Enfermedades transmitidas por agua en Colombia. | |
| Tabla 3.2. Estimación del impacto anual en la salud debido a la insuficiencia de agua, saneamiento e higiene | 72 |
| Tabla 3.3. Porcentaje de niños menores de 5 años con diarrea en las dos semanas previas por departamento en Colombia. | 74 |
| Tabla 3.4. Incidencia de salmonelosis en Colombia. 1997 - 2010 | 75 |
| Tabla 3.5. Casos anuales de Hepatitis A. Colombia 2000 – 2003 | 77 |
| Tabla 3.6. Mediciones de coliformes (totales y fecales) en la región del Caribe Colombiano | 81 |
| Tabla 3.7. Mediciones de bacterias en la región del Caribe Colombiano | 84 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 3.8. Carga de contaminantes (toneladas/año) vertidas a los sistemas hídricos por los distintos sectores en 2008. | 85 |
| Tabla 3.9. Mínimo y máximo del transporte total anual multianual de sedimentos por área geográfica. | 87 |
| Tabla 3.10. Porcentaje de hogares con abastecimiento de agua y saneamiento en Colombia | 88 |
| Tabla 3.11. Beneficios de la intervención alternativa en Colombia | 89 |
| Tabla 4.1. Concentración promedio anual de PM ₁₀ , defunciones (Def.) respiratorias (Resp.) y AVAD, por año en países de América Latina y el Caribe. | 89 |
| Tabla 4.2. Concentración promedio anual de PM ₁₀ , defunciones (Def.) respiratorias (Resp.) y AVAD por año en países de Norte América y Europa. | 97 |
| Tabla 4.3. Concentración promedio anual de PM ₁₀ , defunciones (Def.) respiratorias (Resp.) y AVAD por año en países de Asia y África. | 98 |
| Tabla 4.4. Concentración promedio anual de PM ₁₀ en ciudades de ALC | 99 |
| Tabla 4.5. Concentración promedio anual de PM ₁₀ en ciudades de Norte América y Europa | 100 |
| Tabla 4.6. Concentración promedio anual de PM ₁₀ en ciudades de África y Asia | 101 |
| Tabla 4.7. Porcentaje de hogares expuestos a contaminación del aire intramural, defunciones (Def.) respiratorias (Resp), AVAD y Prevalencia de consumo de tabaco entre adultos mayores de 15 años en países de ALC. | 102 |
| Tabla 4.8. Porcentaje de hogares expuestos a contaminación del aire intramural, defunciones (Def.) respiratorias (Resp), AVAD y Prevalencia de consumo de tabaco entre adultos mayores de 15 años en Europeos y Norte Americanos. | 106 |
| Tabla 4.9. Porcentaje de hogares expuestos a contaminación del aire intramural, defunciones (Def.) respiratorias (Resp), AVAD y Prevalencia de consumo de tabaco entre adultos mayores de 15 años en países de Asia y África. | 107 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.10. Casos de muerte por enfermedades respiratorias potencialmente relacionadas con la contaminación del aire (2010-2011). | 108 |
| Tabla 4.11. Casos de muerte por enfermedades cardiovasculares potencialmente relacionadas con la contaminación del aire (2010-2011). | 109 |
| Tabla 4.12. Resumen de la investigación Identificación de episodios de Contaminación Atmosférica en el Valle de Aburrá. | 110 |
| Tabla 4.13. Resumen de la investigación Concentración de monóxido de carbono presente en el aire y la intensidad de ruido en el centro de la ciudad de Medellín. | 117 |
| Tabla 4.14. Resumen de la investigación Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables (PM ₁₀) en la zona de guayabal, Medellín, Colombia. | 117 |
| Tabla 4.15. Resumen de la investigación Consultoría para la evaluación de la calidad del aire, intensidad de ruido y sus efectos en la salud en 25 sitios de alto tráfico vehicular de la ciudad de Medellín, Universidad de Medellín – Universidad de Antioquia. | 118 |
| Tabla 4.16. Resumen de la investigación Evaluación de la calidad del aire en la cuenca de la quebrada Altavista. | 118 |
| Tabla 4.17. Resumen de la investigación caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. | 119 |
| Tabla 4.18. Resumen de la tesis Calidad del aire en la Vereda El Ajizal del Municipio de Itagüí. | 119 |
| Tabla 4.19. Resumen de la investigación Relación entre las partículas finas (PM _{2.5}) y respirables (PM ₁₀) en la ciudad de Medellín. | 120 |
| Tabla 4.20. Resumen de la investigación Calidad del aire en el Valle de Aburrá Antioquia – Colombia. | 120 |
| Tabla 4.21. Resumen de la investigación Niveles de ruido y concentraciones de monóxido de carbono-CO- en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de Medellín. | 121 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.22. Resumen de la investigación Análisis de calidad del aire en el área metropolitana del Valle de Aburrá durante el primer semestre del año 2009 | 121 |
| Tabla 4.23. Resumen de la investigación Evaluación de los niveles de contaminación atmosférica en las zonas urbanas del Valle de Aburra. Caracterización y análisis de la contribución de fuentes de material particulado PM _{2.5} en tres (3) zonas del Valle de Aburrá | 122 |
| Tabla 4.24. Resumen de la investigación Evaluar y monitorear la calidad del aire en el Valle de Aburrá con medidores pasivos. | 123 |
| Tabla 4.25. Resumen de la investigación Estudio de la formación de contaminantes fotoquímicos mediante la modelización matemática y sus efectos en la salud. | 123 |
| Tabla 4.26. Resumen de la investigación Modelación estadística de los aportes de las Vías como fuentes de emisión a las Partículas Totales en Suspensión según modelo MCF, zona Centro de Medellín-Antioquia-Colombia. | 125 |
| Tabla 4.27. Resumen de la investigación Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en el Valle de Aburrá, con georeferenciación de éstas. | 126 |
| Tabla 4.28. Resumen de la investigación Lineamientos Técnicos para el Plan de Descontaminación del Aire en la Región Metropolitana del Valle de Aburrá. | 126 |
| Tabla 4.29. Resumen de la investigación Comunidades liquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburra. | 127 |
| Tabla 4.30. Resumen de la investigación Exposición a material particulado de un grupo similar de exposición de amas de casa que utilizan leña como combustible para la cocción de alimentos en la vereda Palmitas del municipio de El Santuario, durante el primer semestre del año 2012 Colombia. | 128 |
| Tabla 4.31. Resumen de la investigación Evaluación de los efectos del tabaquismo y la contaminación ambiental en la función pulmonar de adultos. | 128 |
| Tabla 4.32. Resumen de la investigación Contaminación extra e intradomiciliaria por material particulado respirable y su relación con la función pulmonar La Sierra-Puerto Nare. | 129 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.33. Resumen de la investigación Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición. | 129 |
| Tabla 4.34. Resumen de la investigación Contaminación Atmosférica y efectos en la Salud de la población de Medellín y su área metropolitana. | 131 |
| Tabla 4.35. Resumen de la investigación Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental. | 132 |
| Tabla 4.36. Resumen de la investigación Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. | 134 |
| Tabla 4.37. Resumen de la investigación Contaminación por material particulado (PM _{2,5} y PM ₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín. | 135 |
| Tabla 4.38. Resumen de la investigación Niveles de material particulado y mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas Medellín. | 136 |
| Tabla 4.39. Resumen de la investigación Análisis espacio-temporal de la morbilidad asociada a la contaminación atmosférica en el municipio de Itagüí. | 136 |
| Tabla 4.40. Resumen de la investigación La calidad del aire asociado con metales pesados en la ciudad de Manizales. | 137 |
| Tabla 4.41. Resumen de la investigación Calidad del aire en la zona centro y oriente de la ciudad de Manizales: influencia del material particulado (PM ₁₀) y lluvia ácida | 139 |
| Tabla 4.42. Summary Acid rain and particulate matter dynamics in a mid-sized Andean city: The effect of rain intensity on ion scavenging | 139 |
| Tabla 4.43. Resumen de la investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. | 140 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.44. Resumen de la investigación Modelo de valoración ambiental del impacto de la contaminación atmosférica por fuentes móviles en el municipio de Pereira. | 141 |
| Tabla 4.45. Resumen de la investigación Composición y concentración de material particulado en el aire de un sector del área urbana de Santa Marta. | 142 |
| Tabla 4.46. Resumen de la investigación Distribución espacial y temporal de la concentración de material particulado en Santa Marta. | 145 |
| Tabla 4.47. Resumen de la investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. | 146 |
| Tabla 4.48. Resumen de la investigación Costo Efectividad del Gas Natural Domiciliario como Tecnología Sanitaria en Localidades Rurales del Caribe Colombiano. | 146 |
| Tabla 4.49. Resumen del artículo Factores de riesgo asociados con asma alérgica en niños de 4 a 16 años de Santa Marta | 147 |
| Tabla 4.50. Resumen de la investigación Efectos sobre la salud por la contaminación del aire proveniente del sector portuario carbonífero (Drummond, Carbosan y Prodeco de Santa Marta). Convenio No. 85 Ministerio de Ambiente. | 148 |
| Tabla 4.51. Resumen de la investigación Los efectos del PM ₁₀ y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños en la ciudad de Santa Marta. | 149 |
| Tabla 4.52. Resumen de la investigación Cuantificación de micronúcleos en células de sangre periférica de moto-taxistas que trabajan en la ciudad de Cartagena de Indias. | 150 |
| Tabla 4.53. Resumen de la investigación Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena. | 151 |
| Tabla 4.54. Resumen del artículo Comportamiento de la enfermedad respiratoria de niños entre 5 y 14 años en la ciudad de Santa Marta en el primer trimestre de 2008 y 2009. | 151 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.55. Resume de la investigación contribución de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles con la calidad del aire en los corredores viales de la calle 170 entre carreras séptima y autopista, Carrera 11 entre calles cien y ochenta y cinco y avenida ciudad de cali entre calles veintiséis y trece de la ciudad de Bogotá D.C. | 160 |
| Tabla 4.56. Resumen del artículo Estimativo de precursores y comportamiento de la precipitación ácida -húmeda y seca-en el norte de Bogotá, D.C | 161 |
| Tabla 4.57. Resumen de la tesis Sustancias peligrosas en las partículas suspendidas totales en un área de influencia vehicular de Bogotá. | 162 |
| Tabla 4.58. Resumen del artículo Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en muestras de partículas atmosféricas PM ₁₀ en la zona metropolitana de la ciudad de Bogotá (Colombia). | 162 |
| Tabla 4.59. Resumen de la tesis Estudio de la calidad del aire al interior de los hogares en los sectores de Puente Aranda, Salazar Gómez y San Rafael en la localidad de Puente Aranda. | 163 |
| Tabla 4.60. Resumen de la tesis Concentración de sustancias peligrosas en material particulado recolectado en estaciones de monitoreo de la CAR-Cundinamarca | 163 |
| Tabla 4.61. Resumen del artículo Caracterización del material particulado en dos vías de transporte público colectivo y masivo en Bogotá | 164 |
| Tabla 4.63. Resumen del artículo Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá | 166 |
| Tabla 4.64. Resumen de la investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. | 167 |
| Tabla 4.65. Resumen del artículo Análisis espacio-temporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá-Colombia. | 168 |
| Tabla 4.66. Resumen del artículo Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto. | 168 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.67. Resumen del artículo Composición química y reconstrucción másica del material particulado suspendido en el aire de Bogotá. | 169 |
| Tabla 4.68. Abstract of article PM ₁₀ characterization and source apportionment at two residential areas in Bogota. | 169 |
| Tabla 4.69. Resumen de la tesis Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad Industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda | 170 |
| Tabla 4.70. Resumen del artículo Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda. | 171 |
| Tabla 4.71. Resumen de la tesis Determinación y correlación del material particulado y gases con los principales microorganismos patógenos existentes en los ambientes intramural y extramural presentes en tres jardines infantiles ubicados en las localidades de Fontibón, Puente Aranda y Kennedy. | 171 |
| Tabla 4.72. Resumen de la tesis Determinación de las posibles relaciones entre trazas de metales pesados (Pb, Ni, Fe, Cr) encontrados en el material particulado PM ₁₀ –PM _{2.5} y las especies bacterianas presentes en el aire en las localidades de Tunjuelito, Kennedy y Puente Aranda. | 171 |
| Tabla 4.73. Resumen del artículo Evaluación de la medición de emisiones con fines regulatorios en Colombia: dos estudios de caso. | 173 |
| Tabla 4.74. Resumen de la tesis Análisis preliminar de la relación entre el uso de la biogasolina y su impacto en las emisiones de los principales gases deteriorantes de la calidad del aire bogotano. | 174 |
| Tabla 4.75. Resumen del artículo Efecto del Nivel Socioeconómico (SES) sobre la asociación contaminación atmosférica y mortalidad en Bogotá. | 174 |
| Tabla 4.76. Resumen de la investigación Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda. | 176 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.77. Resumen de la investigación Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños en Bogotá | 177 |
| Tabla 4.78. Resumen de la investigación Análisis de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica en Bogotá | 177 |
| Tabla 4.79. Abstract of article Air Pollution in Bogotá, Colombia: A Concentration-Response Approach. | 177 |
| Tabla 4.80. Resumen del artículo Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá. | 178 |
| Tabla 4.81. Resumen de la investigación Evaluación de la contaminación por material particulado menor a 10 μm a nivel extradomiciliario, intradomiciliario y la exposición personal al mismo contaminante, proyecto piloto en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón. | 181 |
| Tabla 4.82. Resumen del artículo Correlación entre la enfermedad respiratoria aguda (ERA) en mujeres embarazadas y la calidad del aire. | 181 |
| Tabla 4.83. Resumen de la tesis Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá. | 179 |
| Tabla 4.84. Resumen de la tesis Diferencias significativas en el estado viso-motor y viso-perceptual en niños de 10 a 15 años expuestos o no expuestos a plomo y mercurio en aire en tres localidades de Bogotá. | 182 |
| Tabla 4.85. Resumen del artículo Efecto del material particulado menor a 10 μm (PM_{10}) sobre la mortalidad en Bogotá, Colombia: un análisis de series de tiempo 1998 – 2006. | 182 |
| Tabla 4.86. Abstract of article Particulate matter exposure of bicycle path users in a high-altitude city. | 183 |
| Tabla 4.87. Resumen de investigación Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá. | 183 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.88. Evaluación de la actualización de los estándares de emisión normativos para vehículos de carga pesada en Colombia. | 184 |
| Tabla 4.89. Resumen de la tesis Aislamiento e identificación de microorganismos en el aire como bioindicadores de la contaminación ambiental en zonas del área metropolitana del área de Bucaramanga. | 192 |
| Tabla 4.90. Resumen de la tesis Evaluación de factores de riesgo ambiental relacionados con la vivienda que inciden en la presencia de enfermedad diarreica aguda e infección respiratoria aguda en el municipio de San Gil, Santander. | 192 |
| Tabla 4.91. Resumen artículo Promedios geométricos de material particulado fracción respirable (PM ₁₀) y detección de metales en el aire de Bucaramanga. | 193 |
| Tabla 4.92. Resumen de investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT. | 193 |
| Tabla 4.93. Resumen de proyecto de investigación de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de poblaciones sensibles con el propósito de determinar alertas epidemiológicas-ambientales y orientar los planes de mejoramiento de la calidad del aire a mediano y largo plazo en la ciudad de Bucaramanga. | 194 |
| Tabla 4.94. Resumen de artículo Incidencia de síntomas respiratorios y su asociación con contaminación atmosférica en preescolares: un análisis multinivel. | 197 |
| Tabla 4.95. Resumen del artículo Prevalencia de síntomas respiratorios indicativos de asma y asociación con contaminación atmosférica en preescolares de Bucaramanga, Colombia. | 198 |
| Tabla 4.96. Resumen de artículo Contaminación biológica intradomiciliaria y su relación con síntomas respiratorios indicativos de asma bronquial en preescolares de Bucaramanga, Colombia. | 198 |
| Tabla 4.97. Resumen del artículo Efectos de la contaminación atmosférica en la salud respiratoria de población susceptible: un estudio multinivel en Bucaramanga, Colombia. | 199 |
| Tabla 4.98. Monitoreo de Material Particulado fracción respirable (PM _{2.5}) en Pamplona, Colombia. | 199 |
| Tabla 4.99. Resumen del artículo Caracterización fisicoquímica del material particulado-fracción respirable PM _{2.5} en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. | 200 |
| Tabla 4.100. Resumen de artículo Actividad mutagénica y genotóxica en el material particulado fracción respirable MP _{2.5} en Pamplona, Norte de Santander, Colombia. | 200 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.101. Resumen de tesis, compilación y análisis sobre contaminación del aire producida por la quema y la requema de la caña de azúcar; <i>saccharum officinarum</i> L, en el valle geográfico del río Cauca. | 208 |
| Tabla 4.102. Resumen de artículo Estimación no-paramétrica de curvas típicas diarias para los contaminantes CO, NO ₂ y SO ₂ en Santiago de Cali. | 208 |
| Tabla 4.103. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes puntuales en la zona Cali-Yumbo (Colombia). | 209 |
| Tabla 4.104. Resumen de artículo Análisis de series de tiempo univariante aplicando metodología de Box-Jenkins para la predicción de ozono en la ciudad de Cali, Colombia. | 209 |
| Tabla 4.105. Resumen de investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT. | 210 |
| Tabla 4.106. Resumen del artículo Modelación matemática de la relación PM ₁₀ -enfermedades pulmonares en la Ciudad de Cali. | 210 |
| Tabla 4.107. Resumen del artículo Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia | 211 |
| Tabla 4.108. Abstract of PM _{2.5} and Heavy Metals Outdoor Concentrations at a School Near to an Industrial Zone in Cali, Colombia | 212 |
| Tabla 4.109. Resumen de la tesis Evaluación del incremento en carbono orgánico (OC) y carbono elemental (EC) en el material particulado generado por quema de biomasa en el valle geográfico del río Cauca | 212 |
| Tabla 4.110. Abstract of Source apportionment of air pollution in an urban area influenced by local industries in Cali, Colombia. | 213 |
| Tabla 4.111. Abstract of Sources of indoor airborne cd and pb in a cohort of pregnant women in Cali, Colombia | 213 |
| Tabla 4.112. Resumen investigación Contaminación atmosférica y salud: estimación de una función dosis-respuesta para Cali | 216 |
| Tabla 4.113. Resumen del artículo La caña de azúcar: ¿una amarga externalidad? | 216 |
| Tabla 4.114. Resumen de la investigación Evaluación de los efectos sobre la salud debido a la contaminación del aire proveniente del sector industrial de ACOPI – Yumbo. Proyecto piloto en el municipio de Cali | 217 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.115. Resumen artículo Impacto de un botadero a cielo abierto en el desarrollo de síntomas respiratorios y en costos familiares de atención en salud de niños entre 1 y 5 años en Cali, Colombia. | 219 |
| Tabla 4.116. Abstract Respiratory Effects in Schoolchildren Exposed to Industrial Sources of Particulate Material (PM) | 219 |
| Tabla 4.117. Resumen del artículo Impacto de un sitio de disposición final de residuos sólidos en la salud respiratoria de los adultos mayores | 220 |
| Tabla 4.118. Abstract of Lead and cadmium exposure among a cohort of pregnant women in Cali-Colombia: the GEMA study | 220 |
| Tabla 4.119. Resumen de artículo Percepción del riesgo por emisiones atmosféricas provenientes de la disposición final de residuos sólidos | 221 |
| Tabla 4.120. Abstract of Association between particulate matter (PM), O ₃ and NO _x and emergency room (ER) visits and hospital admission for respiratory and cardiovascular diseases in Cali-Colombia | 221 |
| Tabla 4.121. Resumen de la investigación Efectos de la quema de Caña de Azúcar sobre la salud respiratoria de la población del valle geográfico del Rio Cauca | 222 |
| Tabla 4.122. Resumen de la investigación Prevalencia de enfermedad respiratoria en niños menores de 10 años residentes en seis municipios mineros del Cesar, Colombia, 2012. | 227 |
| Tabla 4.123. Abstract of Assessment of DNA damage in coal open-cast mining workers using the cytokinesis-blocked micronucleus test and the comet assay | 229 |
| Tabla 4.124. Resumen de la tesis Determinación de la toxicidad aguda (CL50) del extracto de polvillo de carbón frente a larvas de <i>artemia franciscana</i> . | 230 |
| Tabla 5.1. Número de casos de intoxicaciones agudas descritos en la ciudad de Cartagena para los años 2009 y 2010 | 233 |
| Tabla 5.2. Casos de intoxicación con sustancias tóxicas que ocasionaron la muerte en Colombia (2010) | 233 |
| Tabla 5.3. Valores de referencia para Hg de acuerdo a la WHO, EPA, OSHA y FDA | 235 |
| Tabla 5.4. Distritos de minería de oro en Colombia 2005 | 236 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.5. Evaluación de mercurio (ng/ml) en aguas del río Cauca según punto de monitoreo 1995-2008. | 239 |
| Tabla 5.6. Análisis de Mercurio total en sedimentos del río Cauca. | 239 |
| Tabla 5.7. Concentraciones de Mercurio halladas en muestras del río Cauca. | 240 |
| Tabla 5.8. Concentración de mercurio en peces en Colombia. | 242 |
| Tabla 5.9. Valores de mercurio en muestras de cabello y sangre en Colombia | 244 |
| Tabla 5.10. Actividades de alto riesgo de exposición al plomo | 249 |
| Tabla 5.11. Valores permitidos para plomo en las diferentes matrices de análisis | 251 |
| Tabla 5.12. Concentraciones totales de plomo por cada punto de muestreo 1995-2008 | 252 |
| Tabla 5.13. Análisis de Plomo total en sedimentos | 253 |
| Tabla 5.14. Niveles de plomo en sangre de la población del embalse de Muña de acuerdo a su zona de residencia respecto al embalse | 257 |
| Tabla 5.15. Prevalencia de síntomas detectados en poblaciones expuestas a plomo | 257 |
| Tabla 5.16. Límites aceptados para la exposición a cadmio | 260 |
| Tabla 5.17. Cadmio en aguas del río Cauca según punto de monitoreo 1995-2008 | 263 |
| Tabla 5.18. Concentraciones totales de Cadmio por cada punto de muestreo 1995-2008 | 263 |
| Tabla 5.19. Cromo (ppb) en aguas del río Cauca según punto de monitoreo 1995-2008 | 265 |
| Tabla 5.20. Concentración de Cr ^{VI} en los sedimentos del río Cauca | 265 |
| Tabla 5.21. Organoclorados presentes en alimentos provenientes de expendios en Santiago de Cali, 1973 | 272 |
| Tabla 5.22. Organoclorados en agua de Bucaramanga y Piedecuesta, 2001. | 272 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.23. Concentraciones de algunos organoclorados (ppb) en sangre de campesinos (n=42) del Calle del Cauca, 1980 | 273 |
| Tabla 5.24. Concentraciones (ppb) de aldrin y DDT en sangre en seis grupos poblacionales colombianos, 1980 | 274 |
| Tabla 5.25. Concentraciones (ng/l) de plaguicidas organoclorados en suero de individuos residentes en regiones con cultivos ilícitos | 274 |
| Tabla 5.26. Concentraciones de piretroides en leche materna de mujeres colombianas (n= 27) | 275 |
| Tabla 5.27. Resultados del Programa de vigilancia epidemiológica de plaguicidas organofosforados y carbamatos (VEO) | 277 |
| Tabla 5.28. Intoxicaciones masivas con alimentos contaminados con plaguicidas organofosforados ocurridas en Colombia | 278 |
| Tabla 5.29. Niveles de exposición a glifosato y ácido amino-metil-fosfónico en orina en individuos residentes en zonas con fumigación con glifosato | 280 |
| Tabla 5.30. Resultados de pruebas citogenéticas entre individuos expuestos y no expuestos a plaguicidas en cultivos de papa, en el departamento del Cauca | 281 |
| Tabla 5.31. Resultados de pruebas citogenéticas entre individuos expuestos y no expuestos a plaguicidas en cultivos de papa, en el departamento del Cauca | 282 |
| Tabla 5.32. Resultados de la prueba del cometa entre individuos expuestos y no expuestos a plaguicidas en la agricultura (cultivos de papa y cebolla) y floricultura | 282 |
| Tabla 5.33. Asociación (odds ratios) entre eventos reproductivos y exposiciones en la floricultura (embarazos antes vs después del ingreso al trabajo) | 283 |
| Tabla 5.34. Incidencia (por 1000 años/persona) de diagnósticos relacionados con la exposición al asbesto entre trabajadores de una empresa colombiana de cemento-asbesto. | 285 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 5.35. Consultas y mortalidad por mesotelioma en Colombia (2009-2011) | 287 |
| Tabla 5.36. Lugares donde se extrae carbón en Colombia (tercer trimestre, 2012) | 288 |
| Tabla 5.37. Resultados de pruebas citogenéticas entre individuos expuestos y no expuestos a residuos del carbón, el Cerrejón | 289 |
| Tabla 5.38. Lugares donde se extraen minerales preciosos (oro, plata o platino) en Colombia (tercer trimestre, 2012) | 289 |
| Tabla 6.1. Cobertura de red celular por departamento y municipios con antena | 294 |
| Tabla 6.2. Rangos de frecuencias y su clasificación por tipos de servicios | 295 |
| Tabla 6.3. Mediciones eléctricas, magnéticas y electromagnéticas y sus unidades correspondientes | 296 |
| Tabla 6.4. Límites máximos de exposición según frecuencia de operación | 300 |
| Tabla 6.5. Individuos que reportan que su vivienda se encuentra cerca de una línea de alta tensión (LAT) | 302 |
| Tabla 6.6. Tenencia de electrodomésticos generadores de REM-NI | 302 |
| Tabla 6.7. Tenencia de teléfonos celulares en Colombia | 303 |
| Tabla 6.8. Distribución de antenas de telefonía móvil por departamento y ciudad | 305 |
| Tabla 6.9. Clasificación de las radiaciones ultravioleta. | 306 |
| Tabla 6.10. Índice UV y su correspondiente riesgo de exposición | 306 |
| Tabla 6.11. Casos de muerte por leucemias en Colombia durante 2009 y 2010. | 312 |
| Tabla 6.12. Consultas por leucemias en Colombia durante 2009 y 2010. | 313 |
| Tabla 6.13. Casos de muerte por melanoma y otros tumores malignos de la piel en Colombia durante 2009 y 2010. | 317 |
| Tabla 6.14. Consultas por enfermedades asociadas con la exposición a RUV en Colombia durante 2010 y 2011 | 318 |

Tabla 7.1. Perfiles de salud ambiental en las diversas regiones del país. 321

Tabla 7.2. Mortalidad en Colombia por enfermedades asociadas con agentes ambientales (2010). 322

FIGURAS

Figura 1.1 Las enfermedades ambientales y ocupacionales en el contexto del sistema de salud colombiano 34

Figura 2.1 Consolidado de cantidades de residuos (toneladas) dispuestos diariamente en Colombia 47

Figura 2.2. Sistemas de disposición final 2005 – 2010 49

Figura 2.3 Generación de Residuos Peligrosos en Colombia en Toneladas 52

Figura 2.4. Principales corrientes de RESPEL generados en los años 2009 a 2011. 53

Figura 2.5. Principales actividades económicas generadora de RESPEL en Colombia. 54

Figura 2.6. Distribución sistemas de disposición final año 2011 58

Figura 2.7. Modo de eliminación de basuras en el hogar 2010 / 2011. 61

Figura 2.8. Los 10 diagnósticos más frecuentes en los 2.341 recicladores que acudieron durante 1993. 63

Figura 2.9. Los 10 diagnósticos más frecuentes de recicladores que acudieron durante 1993 64

Figura 3.1. Cuencas vertientes y cuencas hidrográficas. Colombia, 2002 70

Figura 3.2. Calidad del agua a nivel Nacional. 91

Figura 4.1. Concentración promedio de PM₁₀ (24 horas) en las estaciones del SVCA del AMVA 112

| | |
|---|-----|
| Figura 4.2. Concentración promedio Anual de PM_{10} en las estaciones del SVCA del AMVA | 113 |
| Figura 4.3. Concentración promedio O_3 (horario) en las estaciones del SVCA del AMVA | 114 |
| Figura 4.4. Concentración promedio de PM_{10} (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCALDAS | 138 |
| Figura 4.5. Concentración promedio de PM_{10} (24 horas) en las estaciones del SVCA de CARDER | 141 |
| Figura 4.6. Concentración promedio Anual de PST en las estaciones del SVCA de CORPAMAG | 144 |
| Figura 4.7. Concentración promedio Anual de PM_{10} en las estaciones del SVCA de CORPAMAG | 144 |
| Figura 4.8. Concentración promedio de PM_{10} (24 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA | 153 |
| Figura 4.9. Concentración promedio anual de PM_{10} en las estaciones del SVCA de la SDA | 153 |
| Figura 4.10. Concentración promedio de NO_2 (Horario) en las estaciones del SVCA de la SDA | 154 |
| Figura 4.11. Concentración promedio de NO_2 (24 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA | 155 |
| Figura 4.12. Concentración promedio anual de NO_2 en las estaciones del SVCA de la SDA | 155 |
| Figura 4.13. Concentración promedio de SO_2 (3 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA | 156 |
| Figura 4.14. Concentración promedio de SO_2 (24 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA | 156 |
| Figura 4.15. Concentración promedio anual de SO_2 en las estaciones del SVCA de la SDA | 157 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.16. Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA | 158 |
| Figuras 4.17. Concentración promedio de O ₃ (horario) en las estaciones del SVCA de la SDA | 158 |
| Figura 4.18. Concentración promedio de O ₃ (8 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA | 159 |
| Figura 4.19. Concentración promedio de PM ₁₀ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB | 186 |
| Figura 4.20. Concentración promedio anual de PM ₁₀ en las estaciones del SVCA de la CDMB | 186 |
| Figura 4.21. Concentración promedio de NO ₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB | 187 |
| Figura 4.22. Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones del SVCA de la CDMB | 187 |
| Figura 4.23. Concentración promedio de SO ₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB | 188 |
| Figura 4.24. Concentración promedio de SO ₂ (3 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB | 188 |
| Figura 4.25. Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones del SVCA de la CDMB | 189 |
| Figura 4.26. Concentración promedio anual de CO (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB | 189 |
| Figura 4.27. Concentración promedio anual de CO (Horario) en las estaciones del SVCA de la CDMB | 190 |
| Figura 4.28. Concentración promedio de O ₃ (horario) en las estaciones del SVCA de la CDMB | 190 |
| Figura 4.29. Concentración promedio de O ₃ (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB | 191 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.30. Concentración promedio de PM ₁₀ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC | 201 |
| Figura 4.31. Concentración promedio anual de PM ₁₀ en las estaciones del SVCA de la CVC | 201 |
| Figura 4.32. Concentración promedio de NO ₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC | 202 |
| Figura 4.33. Concentración promedio de NO ₂ (Horario) en las estaciones del SVCA de la CVC | 202 |
| Figura 4.34. Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones del SVCA de la CVC | 203 |
| Figura 4.35. Concentración promedio de SO ₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC | 203 |
| Figura 4.36. Concentración promedio de SO ₂ (3 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC | 204 |
| Figura 4.37. Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones del SVCA de la CVC | 204 |
| Figura 4.38. Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC | 205 |
| Figura 4.39. Concentración promedio de O ₃ (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC | 205 |
| Figura 4.40. Concentración promedio de O ₃ (Horario) en las estaciones del SVCA de la CVC | 206 |
| Figura 4.41. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR | 224 |
| Figura 4.42. Concentración promedio anual de PST en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR | 224 |
| Figura 4.43. Concentración promedio de PM ₁₀ (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR | 225 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.44. Concentración promedio anual de PM ₁₀ en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR | 225 |
| Figura 5.1. Distribución de las intoxicaciones agudas según sustancia tóxica causal. | 232 |
| Figura 5.2. Distribución de las intoxicaciones agudas, 2011 | 232 |
| Figura 5.3. Mapa de niveles de mercurio en sedimento, Colombia | 238 |
| Figura 5.4. Concentraciones de mercurio en suelos de parques del área metropolitana de Bucaramanga | 240 |
| Figura 5.5. Distribución de los trabajadores con riesgo de exposición al plomo afiliado a ARP en Colombia, según actividad laboral | 250 |
| Figura 5.6. Plomo en suelo y sedimento (mg/kg) de los ríos Tunjuelo y Chicú, 2011 | 251 |
| Figura 5.7. Plomo en agua (mg/L) de los ríos Tunjuelo y Chicú, 2011 | 252 |
| Figura 5.8. Niveles de movilización de plomo en los ríos colombianos | 254 |
| Figura 5.9. Niveles de plomo en aire (mg/m ³) en diferentes contextos de producción y reciclaje de baterías en Bogotá | 255 |
| Figura 5.10. Actividades relacionadas con la contaminación ambiental por cadmio | 259 |
| Figura 5.11. Cadmio en suelo y sedimento (mg/kg) de los ríos Tunjuelo y Chicú 2011 | 260 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.12. Niveles de movilización de cadmio en algunos ríos colombianos. | 261 |
| Figura 5.13. Regiones de Colombia con presencia de Arsenopirita | 262 |
| Figura 5.14 prevalencia de fluorosis en Colombia durante los últimos años, la región y año de presentación | 267 |
| Figura 5.15 prevalencia de fluorosis en Colombia durante los últimos años, la región y año de presentación. | 270 |
| Figura 5.16. Casos de intoxicación por plaguicidas reportados en el SIVIGILA (Colombia 2007-2011) | 279 |
| Figura 6.1. Espectro electromagnético. | 292 |
| Figura 6.2. Mapa de radiación ultravioleta en Colombia. | 308 |
| Figura 6.3. Mapa del Índice UV multianual promedio de Colombia. | 309 |

1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGIA

La estrecha relación entre el ambiente físico y la salud humana ha sido reconocida desde tiempos remotos, siendo los documentos antiguos más conocidos los escritos hipocráticos "Aires, aguas y lugares" escritos hace aproximadamente 23 siglos (Hipócrates, sf; citado en Buck et al., 1991). Sin embargo, en épocas más recientes el desarrollo agrícola y su relación con el proceso de urbanización y la Revolución Industrial, han sido algunos de los hechos que más han modificado las relaciones entre el ambiente y la salud (Barret R, Kuzawa C, McDade T, & Armelagos G, 1998). Actualmente las condiciones sociales, culturales, económicas y de productividad han hecho que la relación ambiente-salud sea más compleja, requiriendo abordajes que integren el ambiente físico y el social (Idrovo, 2011b). Uno de éstos, descrito por Donohoe (2003) sirvió de marco conceptual a este informe; éste indica que la acción conjunta de la degradación ambiental y la injusticia social son los determinantes más importantes de la salud humana, teniendo entre sus manifestaciones el crecimiento poblacional, la contaminación del agua y del aire, la deforestación, el calentamiento global, las prácticas agrícolas y de pesca no sostenibles, el exagerado consumo de bienes, la desigualdad en el ingreso, las crisis económicas, la militarización y las guerras (Donohoe, 2003). Algunas de estas manifestaciones tienen impacto generalizado en el país, y pueden ser exploradas mediante comparaciones internacionales, y otras tienen impacto específico en zonas más delimitadas; estas últimas serán las que mayoritariamente son descritas en este informe.

Si bien desde finales del siglo XIX se ha postulado, cada vez con mayor insistencia, que el deterioro de los ecosistemas tiene como resultado un detrimento del bienestar de la humanidad, esto aún no ha sido completamente esclarecido debido a que existe evidencia contraria (World Health Organization, 2005a; Raudsepp et al., 2010). Según algunas evaluaciones empíricas recientes, el bienestar depende en una alta proporción de la disponibilidad de alimentos, la cual puede ser aumentada con la tecnología disponible; por otro lado, el deterioro ambiental sólo tendrá impactos negativos sobre el bienestar largo plazo (Raudsepp et al, 2010). Por ello, tener evidencia sobre el deterioro ambiental que ocurre en el país y tiene impacto sobre la salud humana resulta una prioridad nacional para tomar adecuadas decisiones.

1.1. Colombia en el contexto mundial

Colombia es un país privilegiado en su ubicación geográfica, con diversos climas gracias a las diferentes altitudes en una región cercana al paralelo del Ecuador, rico en recursos hídricos, minerales y biodiversidad (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2012). Esta riqueza ha podido ser cuantificada con indicadores del desempeño ambiental, como el *Environmental Sustainability Index* (ESI) y el *Environmental Performance Index* (EPI) de la Universidad de Yale que, además, han ayudado a los tomadores de decisiones sobre las acciones prioritarias a seguir. El EPI es un indicador que tiene gran importancia para la salud ambiental, ya que por primera vez la incorpora con un peso porcentual (50% en el informe de 2010 y 30% en el informe de 2012) junto al componente de vitalidad del ecosistema (Emerson et al, 2012).

Según el último informe disponible de 2012 el indicador EPI global para el país es de 62.3, lo que lo ubica en la posición 27 a nivel mundial (132 países incluidos en el análisis), y segundo entre todos los países americanos, después de Costa Rica. Sin embargo, al evaluar los dos elementos principales se observa que su desempeño no es óptimo en salud ambiental, donde obtiene un puntaje de 55.5, lo que lo ubica en la posición 86 a nivel mundial. Esto contrasta con la riqueza ambiental, evidente en el indicador de vitalidad del ecosistema, donde obtiene un puntaje de 65.2 y ocupa la posición 11 entre todos los países (Emerson et al, 2012). En la siguiente tabla se resumen los indicadores que conforman cada uno de los dos elementos principales:

Tabla 1.1. Indicadores que permiten la construcción del Índice de Desempeño Ambiental (EPI) para Colombia en 2012.

| Salud ambiental | Puntaje | Posición |
|---|----------------|-----------------|
| Efectos de la contaminación atmosférica | 64.7 | 72 |
| Efectos de la contaminación hídrica | 39.2 | 87 |
| Carga de la enfermedad asociada al ambiente | 59.2 | 88 |
| Vitalidad del ecosistema | | |
| Recursos hídricos | 53.4 | 12 |
| Cambio climático | 72.8 | 16 |
| Efectos de la contaminación atmosférica | 61.1 | 25 |
| Biodiversidad y hábitat | 84.4 | 28 |
| Pesca | 30.3 | 38 |
| Agricultura | 46.9 | 82 |
| Bosques | 62.2 | 96 |

Nota: Fuente: Emerson JW, Hsu A, Levy MA, De Sherbinin A, et al. Environmental Performance Index and pilot trend environmental performance index. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy;2012:1-98.

Este mismo indicador ha permitido evaluar la tendencia temporal en la última década, permitiendo concluir que Colombia ha mejorado en su desempeño ambiental. Solo cuatro países del continente americano, Nicaragua, México, Brasil y Guatemala, han tenido mejor desempeño que Colombia (Emerson et al, 2012).

De acuerdo con algunas estimaciones mundiales, para 1990 el ambiente era responsable de 25-33% del total de la carga de la enfermedad, afectando principalmente a los menores de cinco años de edad (WHO, 1997). También se sabe que los países más pobres tienden a tener enfermedades relacionadas con el ambiente del hogar, los países de ingresos medios tienden a tener más problemas ambientales relacionados con el ambiente de la comunidad, y que la contaminación ambiental de los países ricos son los que más impacto tienen sobre el ambiente global (Smith et al, 1999). Estudios posteriores han confirmado que el ambiente sigue siendo una causa prioritaria de la carga de la enfermedad (Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Vander S, & Murray CJ, 2002) y que su disminución es posible dado que, por definición, son enfermedades evitables (Prüss & Corvalán, 2007) que conllevan un costo económico y social innecesario.

Al respecto, en Colombia hay dos análisis que han estimado los costos sociales y económicos del daño ambiental, dados por contaminación del aire urbano, contaminación de agua, sanidad e higiene, contaminación atmosférica intramuros, degradación de las tierras para la agricultura, desastres naturales y accidentes viales. En el primero de estos estudios (Larsen, 2004) los hallazgos sugirieron que los mayores costos anuales promedio se encuentran para los accidentes viales, seguido por los relacionados con el agua, sanidad e higiene, desastres naturales, contaminación del aire urbano, degradación de las tierras agrícolas y, finalmente, la contaminación atmosférica intramuros. En todos estos casos, los costos más altos se deben a daños físicos, seguidos por la morbilidad generada y, con menor costo, la mortalidad asociada (Larsen, 2004).

El segundo análisis (Golub E & Sánchez G, 2012) se enfocó exclusivamente en los costos asociados con la contaminación atmosférica, intra y extramuros, y los problemas relacionados con el consumo de agua no potable y la inadecuada sanidad e higiene. Los resultados sugieren que los costos llegan al 2% de producto interno bruto nacional de 2009, siendo la mayor parte relacionada con la contaminación atmosférica, seguido de los costos por agua no potable e inadecuada sanidad e higiene; la contaminación intramuros, ocupó el último lugar, aunque incluye la mayor parte de costos asociados al uso de combustibles sólidos que generan humo (principalmente de leña). Estos hallazgos son debidos a que Colombia se caracteriza por ser altamente urbanizado, lo que conlleva a que un alto porcentaje de la población se encuentre expuesta a fuentes industriales y de vehículos automotores (Golub E & Sánchez, 2012).

De otro lado, se ha descrito que las enfermedades parasitarias e infecciosas tienen un gradiente latitudinal, caracterizado porque éstas se presentan más en la zona intertropical y su ocurrencia va disminuyendo cuando se aleja del Ecuador y se acerca a los polos. Esta tendencia tiene fuerte correlación con la biodiversidad observada entre seres de vida libre,

como mamíferos, herbívoros y angiospermas que también privilegia la zona intertropical. Estos interesantes hallazgos se observan para enfermedades por bacterias, virus, helmintos, protozoos, artrópodos, hongos, micro-parásitos y macro-parásitos (Guernier V, Hochberg ME, & Guégan JF, 2004). Sin embargo, la relación entre mayor biodiversidad en la región intertropical y salud humana no se limita a enfermedades infecciosas, sino que también se ha observado en otras, como la salud mental. Recientes hallazgos sugieren que la biodiversidad en regiones fuera de la región intertropical tiene un efecto positivo en enfermedades como la depresión, mientras que en la zona intertropical puede tener efectos contrarios debido a que no se tienen condiciones mínimas de calidad de vida (Idrovo, 2011b; Duarte & Idrovo, 2012), lo que conlleva nuevamente a la compleja interrelación entre el ambiente social y físico (Donohoe, 2003) y sus ambivalentes efectos sobre la salud humana.

Además de estos datos que privilegian el territorio en tierra firme, es importante recordar que el territorio colombiano incluye una importante superficie marítima, tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico. Al respecto, el nuevo indicador *Ocean Health Index* (OHI) (Hallen et al, 2012) permitió calificar a Colombia con un puntaje de 52, lo que ubica al país en el puesto 94 entre 171 países y territorios de todo el mundo. Este indicador resume 10 objetivos públicos que representan un amplio rango de beneficios que un océano saludable provee a la gente, como se señala a continuación:

Tabla 1.2 Indicadores que permiten la construcción del Índice de Salud Oceánica (OHI) (EPI) para Colombia en 2012.

| Objetivo | Puntaje de Colombia | Puntaje promedio Mundial |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Oportunidad de pesca artesanal | 85 | 87 |
| Medios de vida y economías costeras | 69 | 75 |
| Biodiversidad | 68 | 83 |
| Aguas limpias | 67 | 78 |
| Protección costera | 66 | 73 |
| Almacenamiento de carbono | 51 | 75 |
| Sentido de lugar | 48 | 55 |
| Productos naturales | 47 | 40 |
| Provisión de alimentos | 16 | 24 |
| Turismo y recreación | 0 | 10 |

Nota: Fuente: Halpern BS, Longo C, Hardy D, et al. An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature*; Recuperado de: <http://www.oceanhealthindex.org/Countries/Colombia/> :2012;488:615-622.

Como se puede apreciar, Colombia en todos los indicadores está por debajo del puntaje mundial, excepto para el caso de los productos naturales. Esto quiere decir que hay

extracción sostenible de recursos no alimentarios del océano (excluyendo petróleo, gas y otros productos mineros, así como medicinas o genes) (Halpern et al, 2012). El resto de objetivos son un área de oportunidad para mejorar el desempeño ambiental nacional.

1.2. El dilema de la enfermedad ocupacional y ambiental en Colombia

Una de las evidencias más claras de los efectos negativos sobre la salud humana relacionados con el deterioro ambiental son las enfermedades ambientales. Caracterizar una enfermedad como asociada con el ambiente resulta crucial ya que visibiliza la posibilidad de prevenirla con acciones sobre el ambiente y no sobre los individuos o las poblaciones. Esto resulta fundamental dado el énfasis en cambios conductuales personales que guían gran parte de las políticas nacionales e internacionales en salud (Raphael et al, 2008).

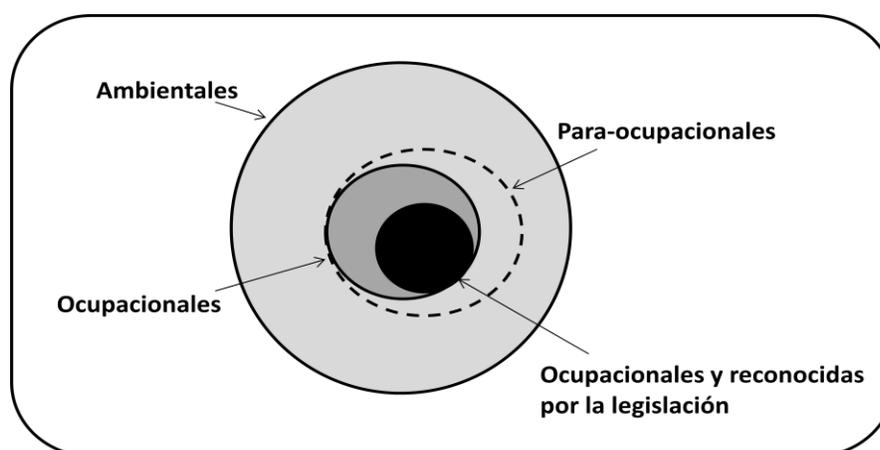
Desde la perspectiva de la salud ambiental es posible clasificar enfermedades de origen ocupacional y de origen extra-ocupacional (o del ambiente general), siendo las primeras caracterizadas por ocurrir luego de la exposición a agentes ambientales presentes en el trabajo. Si bien, este informe tuvo como objetivo caracterizar las enfermedades asociadas con el ambiente general, en muchos casos en Colombia no es claro cuándo una enfermedad es ocupacional o ambiental. Esto ha sido evidenciado al comparar la ocurrencia esperada de enfermedades ocupacionales (Idrovo, 2003) con los reportes oficiales de su ocurrencia (Ministerio de Salud y Protección Social, 2004), que sólo incluyen una mínima proporción del total esperado, incluso en estudios específicos sobre el tema (Ministerio de Salud y Protección Social, 2007).

La definición de enfermedad de origen ocupacional en Colombia no depende exclusivamente de la relación con la actividad laboral, sino que debe cumplir unos requisitos explícitos en la Ley 1562 de 2012, que involucran la inclusión del trabajador en el Sistema General de Riesgos Laborales (SGRL). Dada la alta proporción de trabajo informal en el país, evidenciada en las mediciones del empleo informal y seguridad social que hace el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), que suele estar fuera del SGRL, resulta importante que estas enfermedades sean incluidas como ambientales para que se mantenga así su condición de prevenible mediante acciones en el ambiente y no se considere enfermedad general cuya prevención puede depender de modificaciones personales, como son los cambios conductuales.

En la figura 1.1 se encuentra resumida la aproximación asumida en este informe. Como se puede apreciar, las enfermedades ambientales intentan delimitar las enfermedades que privilegian los factores de riesgo ambientales sobre otro tipo de factores de riesgo; en algunos casos esta delimitación es relativamente simple, pero para la mayoría de las enfermedades el origen es multicausal. En estos casos deben entenderse como aquellas donde el ambiente físico tiene un papel preponderante sobre otros factores de riesgo. Un grupo especial de las enfermedades ambientales corresponde a las enfermedades ocupacionales, las cuales se relacionan con trabajos específicos y un grupo intermedio es el

de las enfermedades para-ocupacionales que son enfermedades de origen ocupacional que ocurren en individuos allegados a los trabajadores (v.gr. familiares) y que implican alguna forma de diseminación del agente ambiental más allá del contexto laboral (Méndez M, et al, 2010). Esto es algo relativamente frecuente en ambientes de trabajo informal. Este informe no hace énfasis en las enfermedades ocupacionales reconocidas por el SGRL colombiano, y sólo fueron incluidos algunos casos en los cuales se presentan en ambientes de trabajo informal.

Figura 1.1. Las enfermedades ambientales y ocupacionales en el contexto del sistema de salud colombiano.



Fuente: El autor.

Esta diferenciación entre las enfermedades según su origen resulta importante para el país dada su organización sectorial. Las enfermedades de origen ocupacional, y reconocidas legalmente como tales, son responsabilidad primaria del Ministerio del Trabajo, y todas las demás son responsabilidad del Ministerio de Salud y Protección Social. Sin embargo, dado que la característica más importante de las enfermedades ambientales y ocupacionales son su potencial prevención en la fuente que origina la contaminación, en ese sentido también son responsabilidad del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Este tipo de división sectorial puede hacer que el sector informal de la economía se visibilice, por lo cual resulta en un reto muy importante para la salud ambiental y ocupacional en Colombia.

1.3. Poblaciones vulnerables y justicia ambiental

La estrecha relación entre la salud humana y el ambiente se manifiesta más frecuentemente en poblaciones que por características particulares, se encuentran en una situación de vulnerabilidad o susceptibilidad. Cuando fue posible, en este informe se presentan datos específicos para estas poblaciones. La vulnerabilidad, en el contexto de la

salud ambiental, puede entenderse como la característica de un sujeto de poder ser lesionado y de no tener la capacidad de defenderse. Algunas poblaciones han tenido especial atención en salud ambiental, y fueron tenidas en cuenta en este informe, como los menores de edad, las mujeres en edad reproductiva y los más pobres de las sociedades.

Los menores de edad han sido reconocidos como uno de los grupos que más se ven afectados por la contaminación ambiental (Landrigan et al, 2004). Ellos pueden exponerse desde la etapa prenatal por exposiciones de la madre, luego mediante la lactancia materna y, después a los agentes presentes en el suelo, aire, agua y alimentos (Mukerjee, 1999). La susceptibilidad de los menores es superior a la de los adultos; esto es debido al estadio de desarrollo en que se encuentran sus órganos y, en especial, al menor desarrollo del sistema inmunológico. Por ejemplo, suelen ser más susceptibles a los efectos de agentes neurotóxicos debido a que la barrera hemato-encefálica y la mielinización cerebral no ha llegado a su pleno desarrollo (Grandjean & Landrigan, 2006). En relación con su peso corporal, los menores de edad tienen una mayor tasa inhalatoria, y su ingesta de agua y leche, suelen ser superiores a las de los adultos (Mukerjee, 1999).

Las mujeres también son un grupo susceptible a las noxas ambientales (Wasserman, 1999; Gochfeld, 2007) tanto por condiciones biológicas (sexo) como por diferencias socioculturales con los hombres (género). Hay evidencias recientes que indican que existe una interrelación entre la genética, las relaciones de género y el ambiente que explican los diferenciales en exposición y efectos asociados con agentes ambientales (Ordovas, 2007). Por ejemplo, las manifestaciones tóxicas de los metales pesados diferenciales entre hombres y mujeres tienen explicaciones relacionadas al sexo y el género. Las mujeres presentan más alergias y eczemas por níquel; retienen más cadmio, por lo que presentan más severidad de enfermedad de itai-itai; movilizan plomo acumulado en hueso durante el embarazo y la menopausia incrementando los niveles séricos, y son más proclives a efectos inmunotóxicos del plomo. Los hombres tienden a tener mayores concentraciones de plomo y más susceptibles a evidenciar los efectos neurotóxicos (Vahter et al, 2007).

De otro lado, la población más pobre generalmente se expone a más factores ambientales (Rauh et al, 2008); este hecho puede explicarse desde las nociones de justicia ambiental. Por justicia ambiental se hace referencia a un conjunto de conocimientos interdisciplinarios procedentes de las ciencias sociales que enlazan de manera coherente marcos conceptuales del ambiente, ecología política, teorías de justicia, legislación ambiental, gobernanza, política y planeación ambiental, desarrollo, sustentabilidad, entre otras (Schlosberg, 2007). En diversos estudios alrededor del mundo, el marco de la justicia ambiental ha permitido entender mejor la intrincada relación entre contaminación ambiental y pobreza como determinante importante de la salud infantil (Cureton, 2011), la importancia que tienen las mujeres para promover la justicia ambiental y social (Gute et al, 2009), el adecuado manejo de la biodiversidad y la protección frente a la biopiratería (Mackey & Liang, 2012), así como sus interrelaciones con el cumplimiento de los Objetivos del Milenio promulgados por la Organización de Naciones Unidas (Mitra & Rodríguez, 2010). Este marco, como se verá más adelante, permitió comprender mejor, la forma en la cual el

deterioro ambiental junto a la vulnerabilidad social interactúan y se manifiestan con diferentes impactos en las diversas regiones del país.

1.4. Objetivo del informe

Elaborar un diagnóstico en salud ambiental con base en información secundaria disponible acerca de las condiciones ambientales que influyen en el perfil de morbimortalidad de la población colombiana, como base para la formulación de la Política Nacional de Salud Ambiental de acuerdo con en el documento Conpes 3550.

1.5. Metodología

Este primer diagnóstico nacional enfatiza en la contaminación hídrica, la contaminación atmosférica, las radiaciones no ionizantes, los residuos sólidos y peligrosos, y las sustancias tóxicas. Estas temáticas fueron seleccionadas conjuntamente entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y el equipo de la Fundación Cardiovascular de Colombia, con el objetivo de complementar la información que ya se encuentra de alguna manera disponible, para otros temas ambientales; al mismo tiempo se buscó cumplir con la solicitud del documento Conpes 3550 para la formulación de la Política Nacional de Salud Ambiental.

Este trabajo se realizó en el último bimestre de 2012, e incluyó las siguientes actividades:

1. Revisión de los artículos científicos publicados en revistas nacionales e internacionales sobre salud ambiental o niveles de contaminantes en Colombia.
2. Revisión de tesis de pregrado o posgrado sobre salud ambiental o niveles de contaminantes en Colombia.
3. Revisión de registros en Colombia de contaminantes y eventos en salud asociados con agentes ambientales.

Antes de explicar cada una de estas actividades, es necesario hacer explícitas algunas premisas que guiaron el informe, y que facilitan la comprensión del informe:

- La presencia de contaminantes ambientales no necesariamente se relaciona con una mayor ocurrencia de efectos adversos, como enfermedades. La multicausalidad es un atributo ubicuo de las enfermedades, y por tanto su ocurrencia requiere la presencia de un agente en dosis suficiente, susceptibilidad o vulnerabilidad de los individuos o poblaciones expuestas y, en algunos casos, contextos de desigualdad social que propician o facilitan la ocurrencia de la enfermedad.

- La importancia de las enfermedades ambientales radica en su potencial prevención mediante acciones en el ambiente; el hecho de ser o no frecuentes en los perfiles epidemiológicos no es una forma adecuada de valorar su importancia.
- El enfoque del informe es patogénico; es decir, hace énfasis en las enfermedades o daños a la salud humana. No fueron motivo de análisis los efectos benéficos (enfoque salutogénico) del ambiente sobre la salud humana (Antonovsky, 1979), ni tampoco se abordaron temáticas de psicología ambiental (Proshansky, 1987). Un diagnóstico más completo debería incorporar este componente complementario.
- La investigación científica, en general, pretende establecer asociaciones que sean generalizables a diferentes escenarios, y no solamente a la población que fue objeto directo del estudio. En este sentido, el hecho de que no se tengan estudios en todas las regiones del país no implica que no se pueda tener conocimiento (por lo menos limitado) de las problemáticas ambientales y de salud ambiental. Los estudios incluidos en el informe sirven, entonces, como ejemplos de situaciones que pueden estar ocurriendo en el lugar donde se hizo el estudio, pero también de otras regiones similares.

1.5.1. Revisión de literatura relevante

Las primeras tres actividades fueron realizadas en un mismo momento, usando para ello diversos buscadores en la red de internet y en las bibliotecas universitarias y de algunas instituciones especializadas. Es así como se buscaron estudios en las bases de datos de BioOne, CORE, Google Scholar, Lilacs, Medline, Open J-Gate, Scielo, Scirus o Web of Science. Los artículos así encontrados sirvieron para identificar otros estudios o documentos listados en sus referencias. Es importante aclarar que esta revisión no fue sistemática.

1.5.2. Búsqueda en universidades

La búsqueda de tesis en las universidades incluyó tres fases. En un primer momento se identificaron las universidades que cuentan con programas relacionados con salud ambiental; sobresalieron entre éstas los programas de pregrado en química, ingeniería ambiental y sanitaria, ingeniería química, ingeniería eléctrica, y posgrados en salud ambiental, toxicología, salud pública, salud ocupacional y epidemiología. Luego se realizó una búsqueda en la red de internet de la disponibilidad de consulta de trabajos de tesis, así como la posibilidad de acceso remoto.

Algunas universidades cuentan con acceso libre a través de bibliotecas virtuales y otras facilitaron el acceso, luego de solicitud explícita. En los casos en que fue posible el acceso remoto, éste se hizo directamente por el equipo consultor; en aquellos casos en que

no fue posible, pero que se pudo detectar que había tesis de interés para informe y estaban localizadas en Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena o Medellín se hicieron visitas presenciales; estas ciudades fueron seleccionadas por concentrar el mayor número de programas académicos que pueden abordar temáticas de salud ambiental. En todos los casos en que fue necesario se hicieron solicitudes explícitas de apoyo a la búsqueda a los bibliotecólogos encargados o funcionarios de las universidades, según fuese solicitado. Infortunadamente, un par de universidades donde se sabía hay investigación en salud ambiental no facilitaron el acceso a las tesis realizadas.

1.5.3. Revisión de registros nacionales

Además de la revisión de estudios publicados se usó información descriptiva de algunos registros colombianos de contaminantes y eventos de salud asociados. A continuación se presenta una breve descripción de las fuentes de información y los análisis realizados, para cada tipo de registro:

1.5.3.1. Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ENCV) 2010 y 2011.

Las ENCV es una encuesta de carácter nacional realizada en Colombia con el fin de obtener información sobre las condiciones de vida, siguiendo las recomendaciones del Banco Mundial; su uso es libre después de registro ante el DANE. La representatividad de las encuestas de 2010 y 2011 son para el total nacional, para las regiones de Antioquia, Valle, Atlántico, Pacífica, Central y Oriental, para las cabecera municipales en Orinoquía-Amazonía, Bogotá D.C. y San Andrés. Adicionalmente para la ENCV de 2011 se tiene representatividad para los departamentos de Guajira, Córdoba, Boyacá, Cauca, Choco y Nariño. Los detalles metodológicos se encuentran disponibles en la página web del DANE.

Para los fines de este informe, las ENCV permitieron tener información sobre residuos sólidos, contaminación del agua para consumo humano, contaminación atmosférica intra-domiciliaria, uso de plaguicidas y cercanía de la vivienda a torres de alta tensión. Los métodos estadísticos incluyeron una descripción de las variables, mediante medidas de tendencia central y dispersión para las variables continuas y porcentajes para las variables categóricas. Se realizaron además múltiples tabulaciones cruzadas, algunas representadas gráficamente, con las variables edad, sexo, nivel socioeconómico y región geográfica; en los casos que fue posible se exploraron cambios entre los años 2010 y 2011.

1.5.3.2. Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA)

El SIVIGILA es un sistema de vigilancia creado para realizar la provisión en forma sistemática y oportuna, de información sobre la dinámica de los eventos que afectan o puedan afectar la salud de la población colombiana, sirviendo de insumo para diferentes

acciones en salud pública. El sistema cubre todo el territorio nacional, por lo cual se constituye en una fuente oficial confiable de los eventos bajo vigilancia. Uno de sus grupos de trabajo tiene a su cargo los factores de riesgo ambiental, donde se encuentran las intoxicaciones por sustancias químicas; de éstas fueron de interés en este informe las intoxicaciones por plaguicidas, metales pesados, solventes, monóxido de carbono y otros gases, y las producidas por otras sustancias químicas, que en total sumaron 39.127 casos de intoxicación.

Para los análisis aquí presentados, el Instituto Nacional de Salud facilitó los datos crudos de los años 2007 a 2011. Debe señalarse que entre los años 2007 a 2010 sólo se registraron casos de intoxicaciones con plaguicidas y en 2011 se amplió el registro de notificación en el sistema, para otras sustancias químicas. Para este análisis se describió el número de casos según año y departamento donde se presentaron. El uso de estos datos para este informe fue autorizado por el Comité de Propiedad Intelectual del Instituto Nacional de Salud.

1.5.3.3. Redes de monitoreo de calidad del aire (SISAIRE)

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) es la institución encargada de recopilar los datos de todas las redes de monitoreo atmosférico del país. Actualmente el IDEAM recopila los datos de las siguientes redes de monitoreo: AMBA, CAR, Carder, CDMB, Comare, Corpoboyacá, Corpomag, Corpocaldas, Corpoguajira - Cerrejón, Corponor, Cortolima, CRC, CRQ, CVC, DAGMA, Drummond, y SDA. Originalmente se consideró que el análisis estadístico de estos datos haría parte del diagnóstico, pero esto fue imposible de realizar dado que las bases de datos no tenían un formato estandarizado, estaban incompletas o no eran iguales a bases de datos obtenidas directamente de las redes de dos ciudades seleccionadas; dado el corto tiempo disponible no pudo realizarse esta importante actividad. Debido a ello, el reporte sobre las redes de monitoreo se basó en los informes publicados.

1.5.3.4. Eventos centinela (consultas y mortalidad)

Dada la relativa carencia de estudios en varios temas de salud ambiental y para brindar una panorámica más general de los que ya han sido explorados en el país, se determinó la ocurrencia de eventos centinela en salud ambiental en registros de mortalidad del DANE (2010 y 2011) y el Registro Individual de Prestación de Servicios de Salud (RIPs) del Ministerio de Salud y Protección Social (2009 y 2010). El concepto de evento centinela en salud ambiental parte de las definiciones de Rothwell y colaboradores (1991) en la que los eventos centinela tipo I son aquellos eventos que tienen clara especificidad, periodo de latencia corto y de fácil identificación; además, se caracterizan por tener, en general, baja ocurrencia. Los eventos centinela tipo II son los que presentan patrones inusuales de ocurrencia (v.gr. exceso de casos o patrones espacio-temporales).

En otras palabras, los eventos centinela tipo I son aquellos que tienden a tener una relación unicausal entre exposición y evento, mientras los tipo II son aquellos en los que los agentes ambientales son factores contribuyentes importantes (Rothman, 1976; Susser, 1991), todo esto dentro del marco de las causas suficientes y componentes, clásico dentro de la literatura epidemiológica (Parascandola & Weed, 2001). A continuación se encuentran los eventos seleccionados, que incorpora el listado inicial de dos artículos seminales sobre el tema (Rothwell et al., 1991; Shy, Greenberg & Winn, 1994) y al que se le incorporaron otros eventos, como se resume a continuación:

Eventos centinela tipo I

- Intoxicaciones: (T51-T60, T65)
- Mesotelioma (C45, C45.0, C45.1, C45.2, C45.7, C45.9)
- Cáncer de células claras en vagina (C52)
- Angiosarcoma hepático (C22.3)
- Pubertad precoz (E30.1, E30.9)
- Metahemoglobinemia (D74.8, D74.9)
- Neuropatía tóxica (G62.2, G62.9)

Eventos centinela tipo II

- Cáncer de vejiga (C23)
- Cáncer de bronquios y pulmón (C340, C341, C342, C343, C348, C349, D022)
- Cáncer hepático (D01.5) entre no bebedores
- Rabdiosarcoma (C49.9)
- Leucemia aguda (C91.0, C94.0, C94.2)
- Leucemia granulocítica aguda (C92.0)
- Asma infantil (J45, J46)
- Bronquitis (J40)
- Bronquitis crónica simple y mucopurulenta (J41)
- Bronquitis crónica no especificada (J42)
- Enfisema (J43)
- Otras enfermedades obstructivas crónicas (J44)
- Cólera (A00)
- Fiebre tifoidea o paratifoidea (A01)
- Otras infecciones por Salmonela (A02)
- Shigelosis (A03)
- Otras infecciones bacterianas intestinales (A06)
- Otras intoxicaciones alimentarias bacterianas (A05)
- Amebiasis (A06)
- Otras infecciones intestinales debidas a protozoarios (A07)
- Otras infecciones intestinales debidas a virus y otros organismos especificados (A08)
- Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso (A09)

- Hepatitis A (B15)
- Tracoma (A71)
- Esquistosomiasis (B65)
- Cataratas (H26.0, H26.8, H26.9)
- Melanoma (D03)
- Carcinoma basocelular (D04)
- Enfermedades respiratorias (J00-J06, J09-J18, J20-J22, J30-J39, J40-J47, J60-J70, J80-J84, J85-J86, J90-J94, J95-J99)
- Enfermedades cardiovasculares (I20-I25, I26-I28)
- Enfermedades cerebrovasculares (I60-I69)

Todas estas enfermedades fueron presentadas en cinco capítulos, correspondientes a manifestaciones diferentes de la contaminación ambiental: desechos sólidos y peligrosos, contaminación del agua, contaminación del aire, sustancias tóxicas y radiaciones no ionizantes. Si bien reconocemos el carácter multicausal de las enfermedades, con fines de no repetir en los capítulos mencionados se hizo énfasis en solo uno. De esta manera, por ejemplo, las enfermedades infecciosas en el capítulo de contaminación del agua, las enfermedades respiratorias y cardiovasculares en el capítulo de contaminación del aire, las intoxicaciones y mesoteliomas en el capítulo de sustancias tóxicas y las leucemias, neoplasias de la piel y cataratas en el capítulo de radiaciones no ionizantes.

1.6. Limitaciones del informe

Algunas limitaciones son inherentes al presente trabajo de revisión documental, que es importante sean explícitas para los lectores. La principal limitación es el alcance; pese a tener la pretensión de ser un diagnóstico nacional de salud ambiental, el informe debe entenderse exclusivamente como una aproximación ya que no incluye todos los componentes ambientales que afectan la salud humana; entre estos temas de importancia, podemos mencionar el calentamiento global, el efecto invernadero, las radiaciones ionizantes y la biodiversidad, entre otros. Algunos de estos temas han sido objeto de estudio por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mientras otros aún son temas por desarrollar.

Otra de las limitaciones encontradas, fue el corto periodo de tiempo disponible, lo cual impidió revisar e incorporar algunos estudios realizados por investigadores de universidades ubicadas en ciudades que no fueron incluidas, no tienen acceso a sus trabajos a través de la red, o no se permitió el acceso al documento, para de esta manera ser analizadas. El tiempo reducido se vio adicionalmente afectado por el periodo de fin de año; algunas bibliotecas universitarias habían iniciado festividades que limitaron la atención al público. Incluso durante la visita a Medellín hubo protestas universitarias lo que dificultó la búsqueda de material bibliográfico relevante en la Universidad de Antioquia. En la

Universidad de Cartagena solo se permitió la extracción a mano de información, lo cual impidió la inclusión de algunas tesis dado la corta estancia disponible en la ciudad.

El informe, enfatizó en algunos de los contaminantes más conocidos a nivel nacional e internacional; de esta manera se excluyeron algunos contaminantes y agentes ambientales que no han sido de interés para los investigadores colombianos hasta el día de hoy. Por ejemplo, se detectó que la seleniosis (intoxicación por selenio) podría ser un problema en algunas regiones de Cundinamarca, Boyacá y Santander dada la evidencia de afección en animales, pero esta problemática no ha sido abordada en el caso de la salud humana. Para intentar solventar esta limitante, se analizaron registros del SIVIGILA y los RIPs, que permiten tener una panorámica de la ocurrencia de enfermedades potencialmente asociadas con problemas ambientales. En los casos en que fue posible se intentó explorar esta ocurrencia con la presencia de fuentes de contaminación en las mismas regiones o en las de su influencia; en estos casos debe entenderse esta exploración como un primer abordaje que requerirá estudios más específicos al respecto.

Si bien inicialmente se pretendió hacer una revisión sistemática, debido al breve tiempo disponible y a las limitaciones en algunas universidades para acceder a los documentos de tesis, se optó, entonces, por suponer que los estudios publicados en revistas revisadas por pares eran de mayor calidad y contenían información confiable y válida. Por ello el informe privilegia los artículos científicos sobre otras fuentes de información, aunque se reconoce que los libros, capítulos y tesis pueden tener también gran calidad científica. El uso complementario de datos provenientes de registros oficiales nacionales, tuvo como objeto tener una aproximación con datos oficiales de problemas que se vigilan dentro del sistema y de los cuales no se tienen estudios específicos con suficiente calidad metodológica, o cuyos datos permiten tener una visión más actualizada de la presentada en los estudios revisados.

En conclusión, este informe debe concebirse como una visión global y descriptiva de la salud ambiental en Colombia; no debe entenderse como un estudio profundo de temáticas específicas, sino más bien como la guía que permita compilar la información disponible, detectar las carencias de información y priorizar los problemas para la toma de decisiones políticas y el planteamiento de estrategias y acciones que posicionen el tema a nivel nacional, con la importancia e impacto que tiene sobre la carga de enfermedad en la población colombiana.

1.7. Reconocimientos

Este Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental hubiese sido imposible sin los estudios realizados por diversos investigadores, profesores y estudiantes universitarios que han abordado diversas problemáticas. En especial, se reconoce el amplio apoyo recibido por el personal de las bibliotecas de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Universidad CES, Universidad de Antioquia, Universidad de La Salle, Universidad de Los Andes,

Universidad del Norte, Universidad del Rosario, Universidad del Valle, Universidad EAN, Universidad El Bosque, Universidad Industrial de Santander, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Santo Tomás y Universidad Tecnológica de Bolívar.

También colaboraron las siguientes instituciones gubernamentales:

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
Ministerio de Salud
Instituto Nacional de Salud (INS)
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)
Secretaría Distrital de Salud de Bogotá
Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB)

Agradecemos igualmente a las dos instituciones mexicanas que facilitaron la participación de sus investigadores:

Instituto Nacional de Salud Pública (Mtra. Magali Hurtado)
Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (Dr. Héctor Duarte Tagles)

Y a la doctora Brigith Yesenya Sierra Cano del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por su apoyo incondicional durante la ejecución de este informe.

Dado que el equipo consultor fue el que extrajo la información de los documentos consultados, la responsabilidad de lo que aquí se afirma es responsabilidad exclusiva del mismo equipo.

2. RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS

La urbanización, considerada como proceso de concentración de la población en un número reducido de núcleos es junto a la modernización de la sociedad y la industrialización, uno de los fenómenos sociales característicos del siglo XX; especialmente la urbanización a gran escala que, desde mediados de siglo, se expandió a todos los continentes a un ritmo desconocido hasta entonces. El vivo desarrollo urbano ocurrió primero en los países industrializados y luego se extendió por los países de menor desarrollo económico, impulsando la polarización de sus recursos en unos enclaves privilegiados y, al mismo tiempo, el desarrollo desigual y la diferenciación interna de sus territorios y sociedades (Panadero, 2001).

Un número creciente de personas están habitando las ciudades cada vez más grandes. Estas comunidades de alta densidad poblacional plantean un reto especial en cuanto a la generación de residuos sólidos (Gary, 1999), llegando actualmente a representar uno de los retos más sobresalientes para la sociedad en su relación con el ambiente. Se estima que en el planeta se generan alrededor de 1600 millones de toneladas anuales de residuos sólidos (Angulo et al., 2010), con repercusiones ambientales tales como emisiones de metano y dióxido de carbono (Qdais et al., 2010), olores ofensivos en los rellenos sanitarios, contaminación atmosférica y de recursos hídricos (UN, 2010).

Si bien es cierto que desde que el hombre ha existido como especie se han generado residuos, la dinámica social cambiante que nos ha acompañado a lo largo de los siglos ha ido de la mano con la creciente generación de todo tipo de residuos que debido a inapropiadas y/o inexistentes técnicas de tratamiento, reutilización, reciclaje y disposición final han repercutido en el deterioro del medio ambiente y por ende en la calidad de la salud del hombre (Acurio et al., 1998).

Según Tchobanoglous (1998), los residuos sólidos comprenden todos los residuos que provienen de actividades animales y humanas, de carácter sólido que son desechados como inútiles o superfluos. La tasa de producción de los residuos sólidos de los países desarrollados y de los países en desarrollo aumenta a un ritmo sin precedentes. Los desechos que produce una ciudad son directamente proporcionales a su riqueza; los desechos de poca densidad contienen grandes cantidades de envoltorios, plásticos y papel que producen las sociedades prósperas; los desechos de gran densidad, que contienen un gran porcentaje de humedad, los

producen sociedades menos prósperas, situación que es preponderante en la gestión de residuos sólidos urbanos. Debe recordarse que los distintos tipos de desechos requieren métodos de tratamiento y eliminación distintos (Winchester, 2006) para que tengan el menor impacto sobre el ambiente y la salud humana.

De esta manera, abordar el tema de la gestión de los residuos sólidos convencionales y peligrosos exige involucrar otros tópicos de la sociedad, para entender el problema que estos representan, identificando sus causas y consecuencias. Así, la gestión de los residuos sólidos debe entenderse como un conjunto articulado de acciones normativas, operativas, financieras y de planificación, basadas en criterios sanitarios, ambientales, sociales, políticos, técnicos, educativos, culturales, estéticos y económicos, para la generación, manejo, tratamiento y disposición final de esos residuos (Mandelli, 1997).

Las proporciones de la generación de residuos sólidos fueron adquiriendo una connotación mayúscula con el paso de los años, siendo la Revolución Industrial su principal detonante. Aumentó la cantidad y complejidad de los residuos sólidos que a diario se estaban generando, tendencia que se potencializó cada vez más con cada nación y/o región que se industrializaba, dentro del contexto social y económico que caracterizó el siglo pasado. Según Moreno & Salazar (2009) el capitalismo, como modelo de desarrollo económico que a pasos firmes colonizó el mapa geopolítico mundial, abriga el consumo para la dinamización de los mercados, bajo la premisa de la satisfacción de las necesidades, resultando esto en la rotación dinámica de gran variedad de productos perecederos, y por ende aumentando la cantidad de desperdicios que deben eliminarse.

Así lo entendieron comunidades científicas, ecologistas, mandatarios y un sinnúmero de organizaciones de toda índole, preocupación que se manifestó en la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo* celebrada en Rio de Janeiro en 1992, siendo los residuos sólidos el eje temático de un Capítulo completo del documento denominado PROGRAMA 21 que se ratificó en esta cumbre. Ya en la década de los noventa, se vislumbraba un panorama crítico en cuanto a la tendencia de generación de residuos sólidos, incluso afirmando que podría cuadruplicarse o quintuplicarse para el año 2025, (CNUMAD, 1997). La tabla 2.1 muestra un proyectado de la generación *per cápita* de residuos sólidos convencionales, según datos recopilados por el *United Nations Human Settlements Programme*.

Tabla 2.1. Estimaciones de generación mundial de residuos sólidos.

| Residuos sólidos municipales | Generación cápita (Kg/persona/año) | Generación (miles de millones toneladas /año) | |
|------------------------------|------------------------------------|---|------|
| | | 2006 | 2025 |
| Estimación actual | 310 | 2.0 | 2.4 |
| Promedio* | 580 | 3.8 | 4.6 |
| Máxima rata de generación* | 760 | 4.9 | 5.9 |

Nota: Fuente: [UN-HABITAT] United Nations Human Settlements Programme. Solid waste management in the world's cities. Water and sanitation in the world's cities 2010. London: UN HABITAT;2010.

* Según Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

En el caso de las potencias mundiales, como los Estados Unidos de América, la producción de residuos sólidos ha aumentado más de 67% desde 1980, llegando a generarse un total de 254 millones de toneladas de residuos sólidos por año (EPA, 2008). Aumentos similares en la generación de residuos sólidos se reportaron en la India (Taylan et al., 2008), China (Chen et al., 2010), y Colombia (Nieves, 2009).

2.1. Colombia y los residuos sólidos

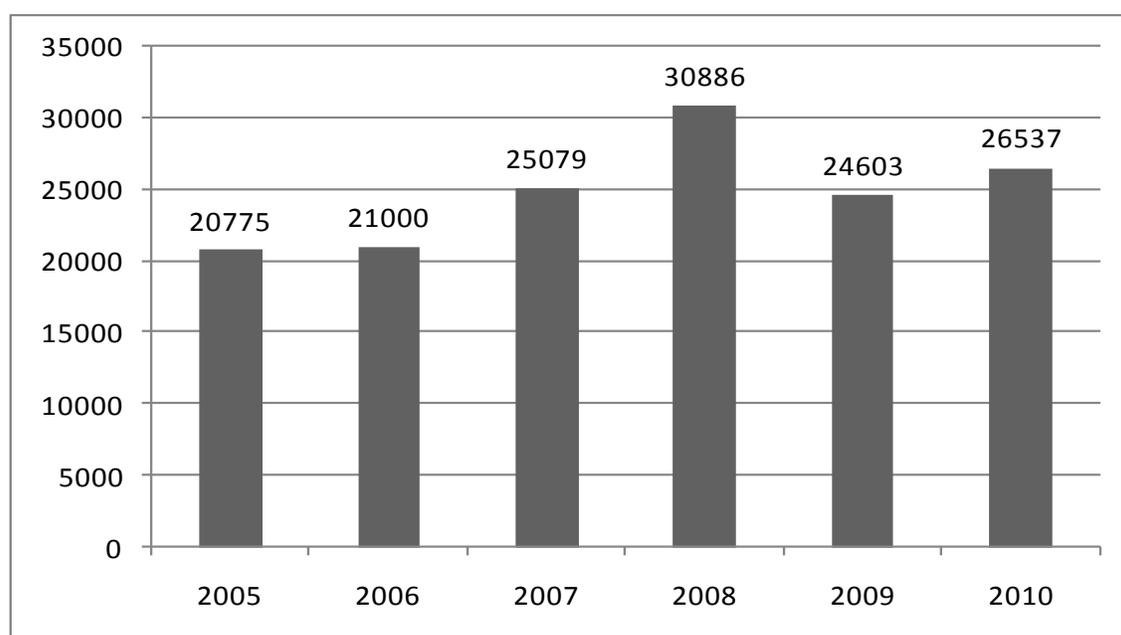
Si bien es cierto que actualmente el país cuenta con un marco legislativo amplio en todo lo que respecta a la gestión integral de residuos sólidos, esto representa el resultado de varias décadas de conocimiento en el tema, a través de actos legislativos, dinámicas sociales y situaciones que permitieron ver la realidad de la problemática que para entonces aquejaba al país en materia de residuos sólidos. Desde 1974, con la expedición del Decreto Ley 2811, denominado el Código de los Recursos Naturales, hasta el día de hoy, cuando se tiene un ordenamiento legislativo bastante complejo, fundamentado en una política de gestión de residuos sólidos a nivel nacional, Colombia ha logrado estructurar, por lo menos en el plano legal, todos y cada uno de los objetivos trazados en el Capítulo 21 del PROGRAMA 21 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992 (CNUMAD, 1997), en tópicos relevantes como la minimización de residuos, maximización del reuso y reciclaje bajo parámetros ambientales aceptables, promoción del tratamiento y disposición ambientalmente apropiado de los residuos y la expansión de la cobertura del servicio.

2.1.1. Residuos sólidos convencionales en Colombia

En lo que respecta a los residuos sólidos, convencionales o domésticos como se conocen comúnmente, ya en 2004 el Senado de la República de Colombia manifestó interés por la situación crítica que se vivía por ese tiempo, apoyado en cifras como las 14.000 toneladas diarias de residuos sólidos generados en el país en 1994, y su considerable aumento

a más de 22.000 toneladas en 2004, proyectando una generación mayor para los años subsecuentes (Senado de la República de Colombia, 2004). Para 2008, el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el marco de los lineamientos de la Política de Gestión de Residuos Sólidos, presentó una cifra de 28.800 toneladas diarias de residuos sólidos producidos en Colombia, con una participación mayoritaria de las cuatro grandes ciudades capitales: Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla. Puntualizó además, que cerca de un 17% de los residuos generados a diario en el país son recuperados (Mesa JL, 2008).

Figura 2.1. Consolidado de cantidades de residuos (toneladas) dispuestos diariamente en Colombia.



Nota: Fuente:[SSPD] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Diagnóstico. Bogotá DC: SSPD;2011.

De acuerdo con los datos presentados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante información recolectada por el Sistema Único de Información-SUI de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, para 2012 llegaron a los sitios de disposición final 26.537 toneladas diarias de residuos (Figura 2.1). De esta cantidad, solo 79% de los municipios del país realizaron una disposición de residuos en sitios adecuados, tales como rellenos sanitarios y plantas integrales. Este porcentaje corresponde a la disposición de 25.091 toneladas por día, mientras que el 21% restante de los municipios continúa disponiendo 1.446 toneladas diarias en sitios de disposición inadecuados, como botaderos a cielo abierto, enterramientos, cuerpos de agua y quemas (SSPD, 2011).

Si bien la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios informa que se han presentado logros significativos en relación con los sistemas de disposición de residuos sólidos 5 años después de expedida la Resolución 1390 de 2005 del MAVDT (tabla 2.2 y figura 2.2), aún se reporta la disposición de residuos en botaderos, áreas excavadas o rellenos sin ningún control. Esto ocasiona problemas ambientales y una carga contaminante al subsuelo, con alto riesgo de contaminación de aguas subterráneas especialmente donde el nivel freático es alto o está en contacto directo con el residuo (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2009).

La Resolución 1390 de 2005 ordenó el cierre, clausura y restauración o transformación técnica de los sitios de disposición final que se encontraban operando de manera inadecuada, y facilitó como alternativa de disposición a los municipios y prestadores la implementación de celdas temporales con condiciones de operación controladas, o el empleo de rellenos sanitarios ubicados dentro del mismo municipio o en otros municipios. Parece ser que las distintas normas para la actividad de disposición final han contribuido a generar conciencia social y ambiental a prestadores, usuarios y entidades involucradas en el tema, haciendo de su cumplimiento un aspecto prioritario en la agenda de los municipios, departamentos y mesas de trabajo de las entidades que vigilan y regulan la prestación de los servicios públicos.

Tabla 2.2. Sistemas de disposición final 2010 y 2011.

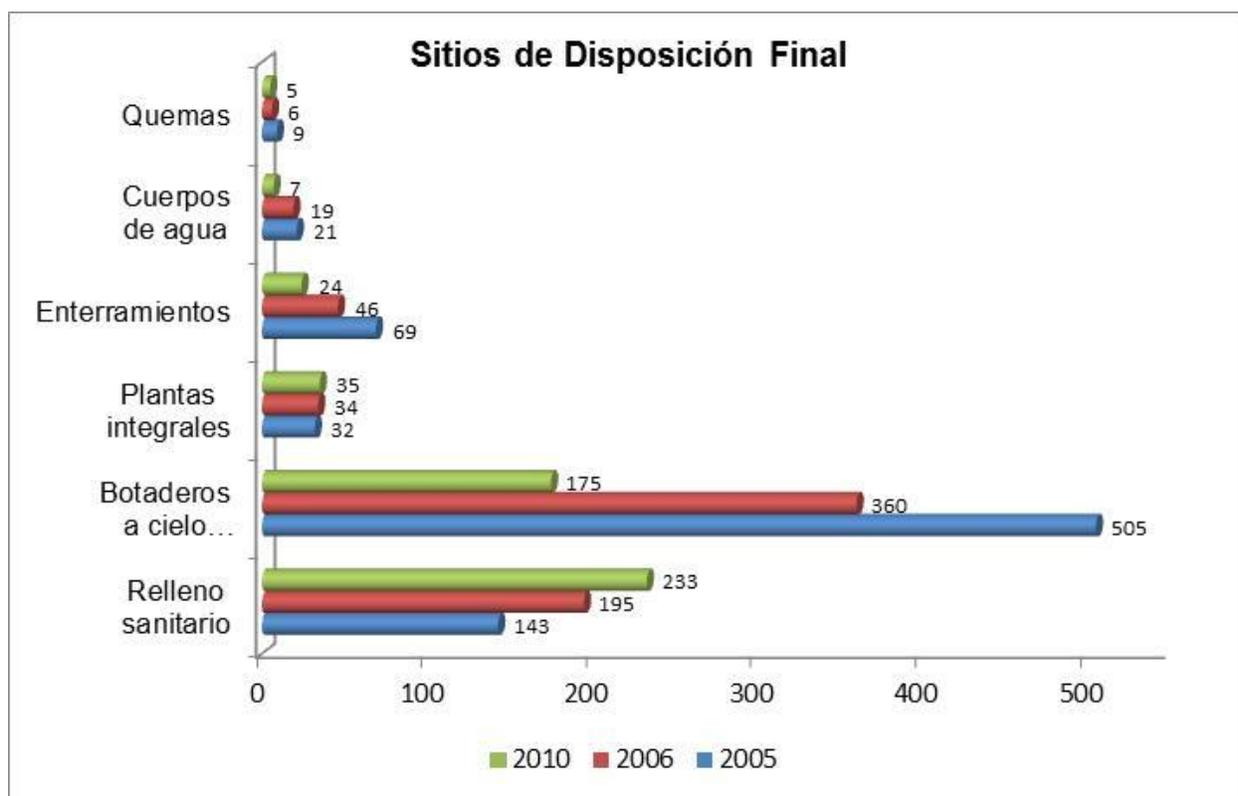
| | | Relleno sanitario | Celdas transitorias | Botadero a cielo abierto | Planta integral | Enterramiento | Cuerpo de agua | Quema |
|-------------|------------|-------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|---------------|----------------|-------|
| | Ton/día | 21662,1 | 1006,5 | 1399,7 | 330 | 175,4 | 20,7 | 8,9 |
| 2010 | Municipios | 674 | 90 | 199 | 83 | 36 | 10 | 6 |
| | Sitios | 229 | 79 | 193 | 39 | 34 | 8 | 6 |
| | Ton/día | 24608,4 | 293 | 1334,6 | 189,7 | 83,3 | 19,4 | 8,7 |
| 2011 | Municipios | 762 | 38 | 190 | 67 | 27 | 9 | 5 |
| | Sitios | 206 | 27 | 176 | 35 | 24 | 7 | 5 |

Nota: Fuente:[SSPD] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Diagnóstico. Bogotá DC: SSPD;2011.

Sin embargo, y como se mencionó anteriormente, la problemática de los residuos sólidos no se delimita estrictamente a su disposición final, hecho que se confirmó en la formulación de la Política de Residuos Sólidos en Colombia, la cual incluyó además temas como la generación creciente de residuos sólidos en el país, la pérdida del potencial de utilización de los residuos, la gestión parcial de los residuos sin considerar el impacto ambiental

posterior a su recolección y transporte, la ausencia de conocimiento sobre la magnitud del problema, y la falta educación y participación ciudadana en el manejo ambiental de residuos. Del total de residuos sólidos generados en el país, tan solo un 2.4% de estos es destinado al aprovechamiento y valorización (MAVDT, 2008), hecho muy preocupante si se tiene en cuenta que un 28% de los residuos generados son reciclables, (MAVDT, 2008).

Figura 2.2. Sistemas de disposición final 2005 – 2010.



Nota: Fuente:[SSPD] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Diagnóstico. Bogotá DC: SSPD;2011.

Tabla 2.3. Cercanía de los hogares a reconocidos lugares generadores de gran cantidad de residuos sólidos.

| Región | Fábrica, industria, plaza de mercado o matadero Viviendas Cercanas) | Basureros (% Viviendas Cercanas) | Terminal bus Viviendas Cercanas) | Canal de aguas negras, plantas de tratamiento de aguas residuales (% Viviendas Cercanas) |
|--------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| Atlántica | 5.86 | 5.7 | 3.43 | 10.77 |
| Oriental | 11.06 | 2.05 | 4.74 | 8.17 |
| Central | 7.71 | 2.47 | 3.36 | 9.99 |
| Pacífica (sin Valle) | 8.21 | 5.91 | 2.21 | 9.43 |
| Bogotá | 19.79 | 6.10 | 14.66 | 19.52 |
| Antioquia | 7.26 | 3.37 | 8.23 | 8.53 |
| Valle del Cauca | 9.97 | 2.18 | 1.97 | 17.67 |
| San Andrés y Providencia | 3.09 | 3.55 | 0.77 | 3.25 |
| Orinoquía y Amazonía | 13.28 | 2.62 | 9.84 | 6.39 |
| Global | 9.22 | 3.78 | 4.91 | 10.93 |

Nota: Fuente: [SSPD] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Diagnóstico. Bogotá DC: SSPD;2011.

La Encuesta Nacional de Calidad de Vida realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Planeación (DANE, 2011) brinda información sobre la cercanía de los hogares a algunos lugares reconocidos, como generadores de gran cantidad de residuos sólidos. Como se puede apreciar en la tabla 2.3, los habitantes de Bogotá refirieron tener mayor cercanía a estos lugares. Resalta también el importante número de hogares en cercanía de basureros, canales de aguas negras o plantas de tratamiento de aguas residuales en las regiones costeras en el Atlántico y el Pacífico (excepto Valle del Cauca). De manera contraria, resalta San Andrés y Providencia por la menor cercanía a estas fuentes de residuos sólidos.

2.2. Residuos sólidos por departamento

De acuerdo a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD, 2011), la situación en materia de disposición final de residuos sólidos en Colombia es crítica en departamentos como Amazonas, Arauca, el Archipiélago de San Andrés y Providencia, Choco, Guainía, Guajira y Vaupés, en donde menos del 60% de las toneladas de residuos sólidos generados diariamente son dispuestos en botadores a cielo abierto, cuerpos de agua o simplemente enterrados o quemados. El resto de los departamentos de Colombia llevan más del 60 % de sus residuos a rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de residuos o celdas transitorias. La tabla 2.4 muestra la generación diario por departamento de acuerdo a los datos de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD, 2011).

Tabla 2.4. Producción de residuos diaria en los departamentos colombianos.

| Departamento | Número de Municipios | Generación de residuos (Toneladas/día) | Departamento | Número de Municipios | Generación de residuos (Toneladas/día) |
|--------------------|----------------------|--|-----------------|----------------------|--|
| Amazonas | 2 | 27.06 | Guaviare | 4 | 24.26 |
| Antioquia | 125 | 3773 | Huila | 37 | 423.6 |
| Arauca | 7 | 70.6 | Magdalena | 23 | 478.9 |
| Archip. San Andrés | 2 | 77.25 | Meta | 29 | 455.9 |
| Atlántico | 23 | 966 | Nariño | 63 | 437.1 |
| Bolívar | 44 | 1011 | N. de Santander | 40 | 731.4 |
| Boyacá | 123 | 431.8 | Putumayo | 13 | 70.8 |
| Caldas | 267 | 572.8 | Quindío | 12 | 441 |
| Caquetá | 19 | 182.71 | Risaralda | 14 | 416 |
| Cauca | 39 | 322.8 | Santander | 87 | 1012 |
| Cesar | 25 | 414.89 | Sucre | 25 | 318.9 |
| Choco | 30 | 95.49 | Tolima | 628 | 628 |
| Córdoba | 28 | 630.42 | Valle del Cauca | 42 | 353.52 |
| Cundinamarca | 117 | 6986.8 | Vaupés | 5 | 1.7 |
| Guainía | 1 | 128.33 | Vichada | 4 | 6.6 |
| Guajira | 15 | 299.4 | | | |

Nota: Fuente: [SSPD] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Diagnóstico. Bogotá DC: SSPD;2011.

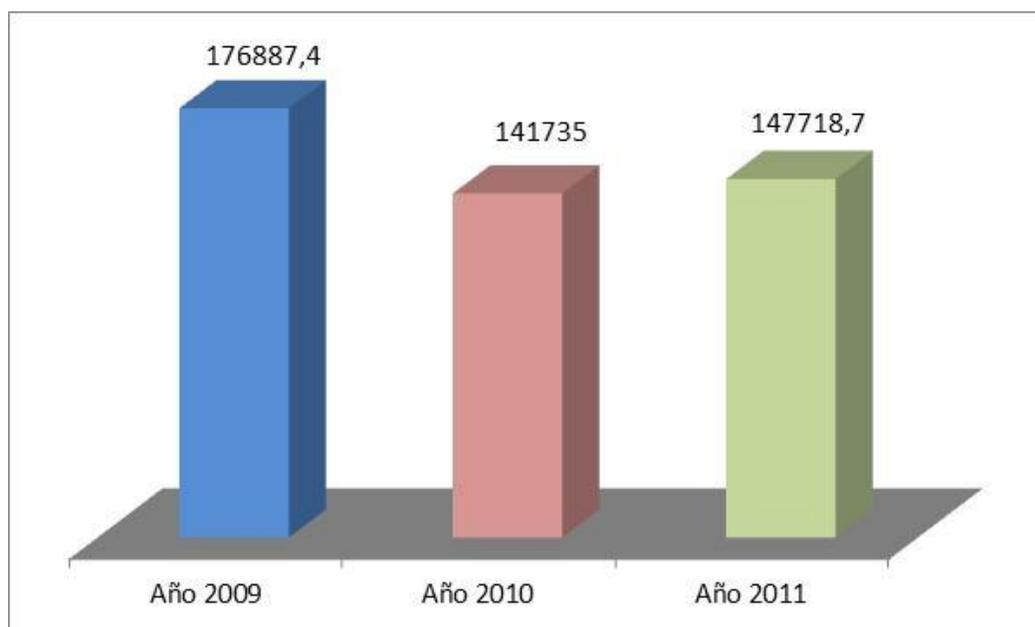
2.3. Residuos peligrosos en Colombia

De acuerdo con la legislación nacional, y más específicamente el Decreto 4741 de 2005 en su artículo 2, un residuo peligroso (RESPEL) es aquel que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas, puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se consideran residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

La generación de esta clase de residuos está dada por diferentes actividades de consumo y producción de bienes y servicios en la sociedad colombiana, desde el sector manufacturero, pasando por sectores agrícolas, el sector de bienes y servicios e incluso actividades domésticas. Diferentes factores se puede mencionar como determinantes o catalizadores en la producción de estos residuos en Colombia: el creciente nivel de industrialización, la diversificación de bienes y servicios, y factores de tipo social como el desplazamiento forzado y cambios culturales, entre otros (Suárez y Gómez, 2000).

Anterior a 2005, la normatividad en Colombia relacionada con los residuos peligrosos no estaba consolidada ni articulada por una directriz nacional; se manejaban reglamentaciones regionales o específicas para algunos sectores, principalmente para el industrial y para el hospitalario. Posterior a 2005 con la formulación de la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos y del Decreto 4741 de 2005, se abrió un escenario que ha permitido avanzar a nivel nacional hacia una gestión más organizada de los RESPEL (IDEAM, 2010b). La figura 2.3 muestra los principales tipos de RESPEL generados.

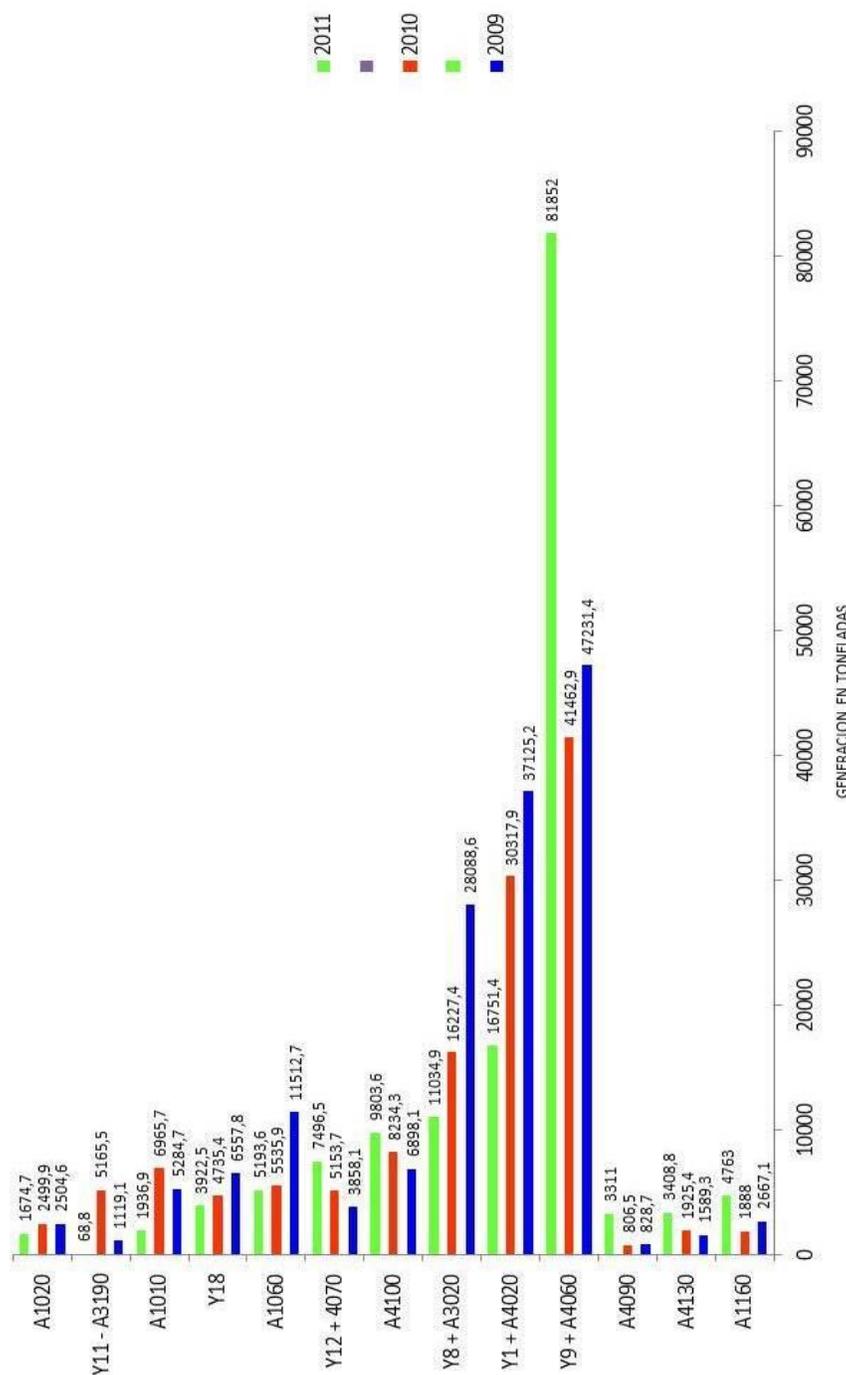
Figura 2.3. Generación de Residuos Peligrosos en Colombia en Toneladas.



Nota: Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. Informe. Bogotá DC: IDEAM; 2011.

Los residuos peligrosos tipo Y9 + A4060 (Mezclas y emulsiones de aceite y/o hidrocarburo y agua), los residuos peligrosos tipo Y9 + A4060 (Mezclas y emulsiones de agua e hidrocarburos o aceites y agua), y los residuos peligrosos tipo Y1+A4020 (referentes a residuos clínicos y afines) son destacados en cuanto a su cantidad de generación para los años 2009, 2010 y 2011 (figura 2.4). De esta manera, la actividad económica que más residuos peligrosos reportó en el periodo comprendido entre el 2009 al 2011 es la correspondiente a las industrias de los hidrocarburos, código CIIU 1110. Actividades económicas como la de industrias del hierro y acero (2719) y entidades hospitalarias (8511) también se destacan en la generación de residuos peligrosos (Véase Figura 2.5).

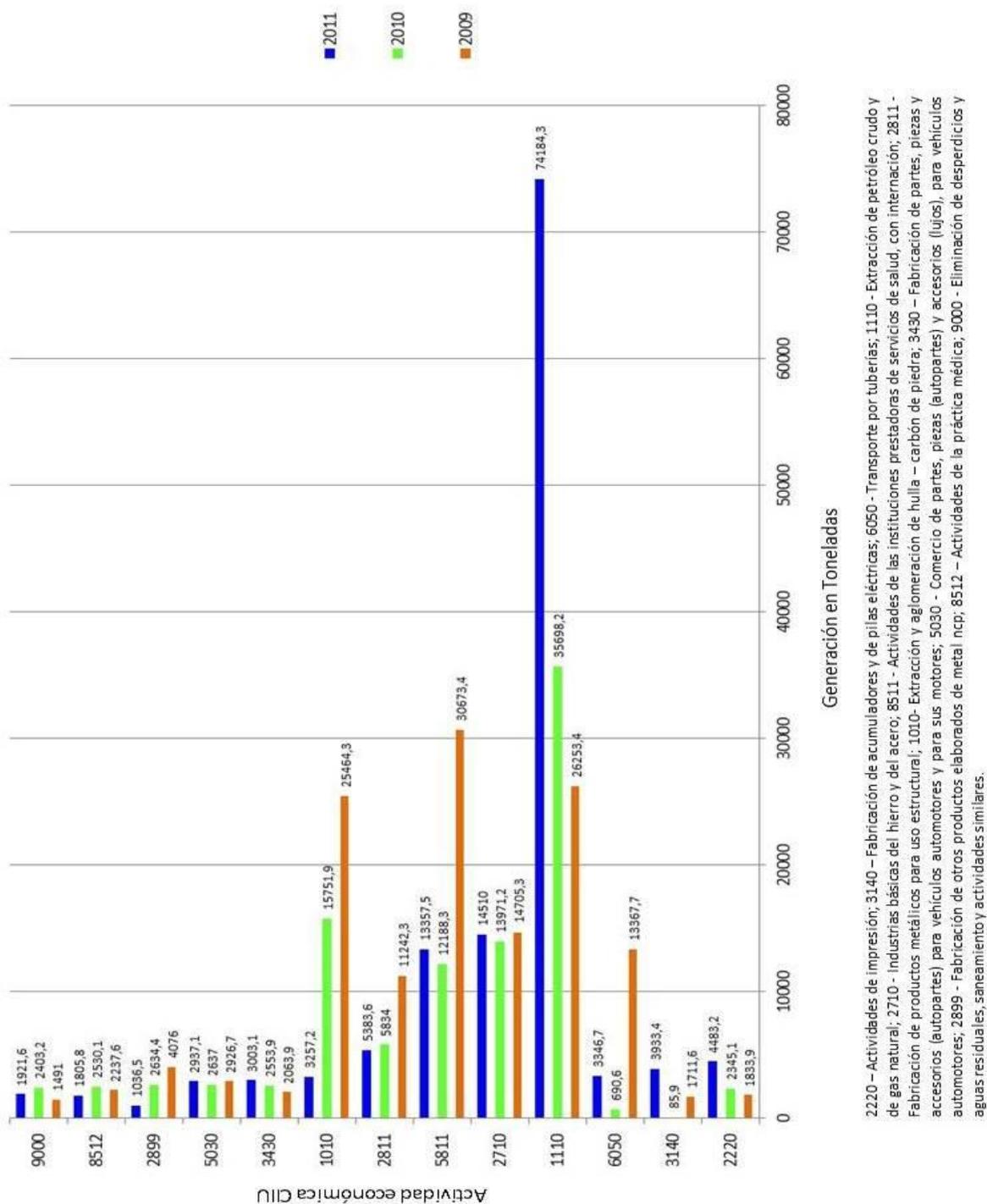
Figura 2.4. Principales corrientes de RESPEL generados en los años 2009 a 2011.



A1160 – Acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados; A4130 - Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluidas en el Anexo I del Decreto 4741 de 2005, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del Anexo III del mismo decreto; A4090 - Desechos de soluciones ácidas o básicas; Y9 + A4060 - Mezclas y emulsiones de agua e hidrocarburos o aceites y agua; Y1 + A4020 - Desechos clínicos y afines; Y8 + A3020 - Aceites minerales no aptos para el uso al que estaban destinados; A4100 - Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales; Y12 + A4070 - Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; A1060 – Líquidos de desechos del decapaje de metales; Y18 - Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales; A1010 - Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes: Antimonio, Arsénico, Berilio, Cadmio, Plomo, Mercurio, Selenio, Telurio; Y11 + A3190 - Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico; A1020 - Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los desechos de metal en forma masiva, cualquiera de las sustancias siguientes: Antimonio (compuestos de antimonio), Berilio (compuestos de berilio), Cadmio (compuestos de cadmio), Plomo (compuestos de plomo), Selenio (compuestos de selenio), Telurio (compuestos de telurio).

Nota: Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. Informe. Bogotá DC: IDEAM; 2011.

Figura 2.5. Principales actividades económicas generadora de RESPEL en Colombia.



Nota: Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. Informe. Bogotá DC: IDEAM; 2011.

Si se revisa el tema de generación de residuos peligrosos por regiones geográficas, es evidente que las corporaciones autónomas regionales con mayor cantidad de generación de esta clase de residuos reportadas son aquellas que corresponden a las zonas de extracción de hidrocarburos (IDEAM, 2011), como la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - Cormacarena (27035.8 Toneladas), Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía - Corporinoquia (19615.0 Toneladas), Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia (18393.9 Toneladas) al igual que las corporaciones que abarcan los corredores industriales del país, como la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá - SDA (20583.4 Toneladas) y la Corporación Autónoma regional de Cundinamarca - CAR (12787.2 Toneladas).

2.4. Colombia y los países de América Latina y el Caribe

Las problemáticas en cuanto a la gestión de residuos sólidos adquieren diferentes connotaciones en los países en vías de desarrollo con respecto a los países industrializados (Zerbock, 2003), debido a aspectos como los hábitos alimenticios, clima y geografía, nivel de industrialización, economía regional, infraestructura, políticas locales para la gestión de residuos y nivel de concientización ambiental (UN-HABITAT, 2010). Sin embargo, estas diferencias no impiden realizar una comparación entre los diferentes países, en indicadores como la producción per cápita y la generación de residuos sólidos y peligrosos.

A nivel mundial se han estimado cifras de producción per cápita que sobrepasan el kilogramo por persona por día (Muñoz y Bedoya, 2009). Sin embargo esta cifra varía de acuerdo a cada región, como se explicó anteriormente. En ciudades con economías de consumo como las de Estados Unidos de América, la producción per cápita diaria de residuos está entre los 1.5 y los 3 kilogramos diarios (Feuerman, 2002). Para América Latina, en donde la mayoría de economías de los países están desarrollándose, la producción per cápita se ha incrementado de manera notoria en las últimas décadas, llegando a alcanzar el kilogramo diario de producción por habitante. Situación muy crítica si se tiene en cuenta que esta cifra incluye la generación de todo tipo de residuos, incluso los considerados como peligrosos (Ripoll, 2003).

A nivel latinoamericano, Colombia está entre los países con mayor generación de residuos sólidos. Bogotá D.C. tiene uno de los mayores índices de generación de residuos sólidos, después de México D.F., Lima y Santiago de Chile (Noguera y Olivero, 2010) (tabla 2.5). Sin embargo, al incluir la variable de la población y a nivel de países de América Latina y del Caribe, Colombia tiene una producción per cápita diaria de 0.62 kilogramos de residuos sólidos urbanos, muy inferior al promedio del grupo que está en 0.93 kilogramos (Tello et al., 2010). Se destaca además el porcentaje de cobertura del servicio con un valor de 98.9%, siendo el tercer país, después de Venezuela y Argentina, con mejor cobertura en la recolección de aseo. Además, Colombia es el país con mayor recurso humano involucrado en la gestión de los residuos sólidos urbanos, con un total de 29.08 personas por cada 100.000 habitantes, y tiene además el mayor porcentaje de residuos con destino final un relleno sanitario, con 81.8% (Tello et al, 2010).

Tabla 2.5. Producción diaria de toneladas de basura en las principales ciudades de Latinoamérica.

| País | Capital | Población (miles de habitantes) | Sitio de disposición Final | Toneladas diarias | Bibliografía |
|-------------|---------------------|---------------------------------|---|-------------------|---|
| Argentina | Buenos Aires | 2.768 | Centro de disposición final No.3 | 5000 | CLARIN, 2003 INDEC, 2003 |
| Bolivia | La Paz | 2.350 | Relleno sanitario de Alpacoma | 450 | OPS, 2005 INE, 2008 |
| Chile | Santiago de Chile | 5.875 | Rellenos Sanitarios: Loma Los Colorados, Santiago, Poniente y Santa Marta | 7100 | CEAMSE, 2005 INE CHILE, 2002 |
| Colombia | Bogotá D.C. | 6.778 | Relleno Sanitario Doña Juana | 5891.8 | SSPD, 2008 a DANE, 2005 |
| Cuba | La Habana | 2.201 | Vertedero Calle 100 | 1060 | Gonzales, 2002 Gómez, 2007 |
| Ecuador | Quito | 1.839 | Relleno Sanitario El Inga | 1500 | ARS, 2009 Vicepresidencia de Ecuador (Censo 2001) |
| El salvador | San Salvador | 316 | Relleno Sanitario de Nejapa | 1609.62 | EPA, 2007 Ministerios de Economía SV, 2008 |
| Guatemala | Ciudad de Guatemala | 3.762 | Botadero a Cielo Abierto El Trebol de la Zona 3 | 1500 | Girel, 2007 INE Guatemala, 2002 |
| México | México D.F. | 8.720 | Relleno Sanitario del bordo poniente | 12000 | Secretaria de medio ambiente de México, 2008 INEGI, 2005 |
| Perú | Lima | 8.445 | Cinco Rellenos Sanitarios autorizados: Casren, Zapallal, Portillo Grande, Huaycoloro y La Cucaracha | 8938.5 | Ministerio de Medio Ambiente Perú, 2008 INEI, 2008 |
| Venezuela | Caracas | 2.758 | Relleno Sanitario La Bonanza | 4000 | Fitchrating, 2008 Ine Venezuela 2002 |

Fuente: Noguera KM, & Olivero JT. Los rellenos sanitarios en américa latina: caso colombiano. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; 2010; 132:347-356.

En comparación con otras regiones del planeta, la producción per cápita colombiana es muy baja (0.62 Kg/ día/ persona). Para los Estados Unidos de América se reporta un índice de generación per cápita de 2.98 kilogramos por cada persona en un día, y en los países europeos

se tiene índices desde el suizo con 2.95 kilogramos por habitante-día, hasta el de Francia que está en 1.48 kilogramos por persona/día (Tello et al, 2010).

2.5. Residuos y efectos en la salud

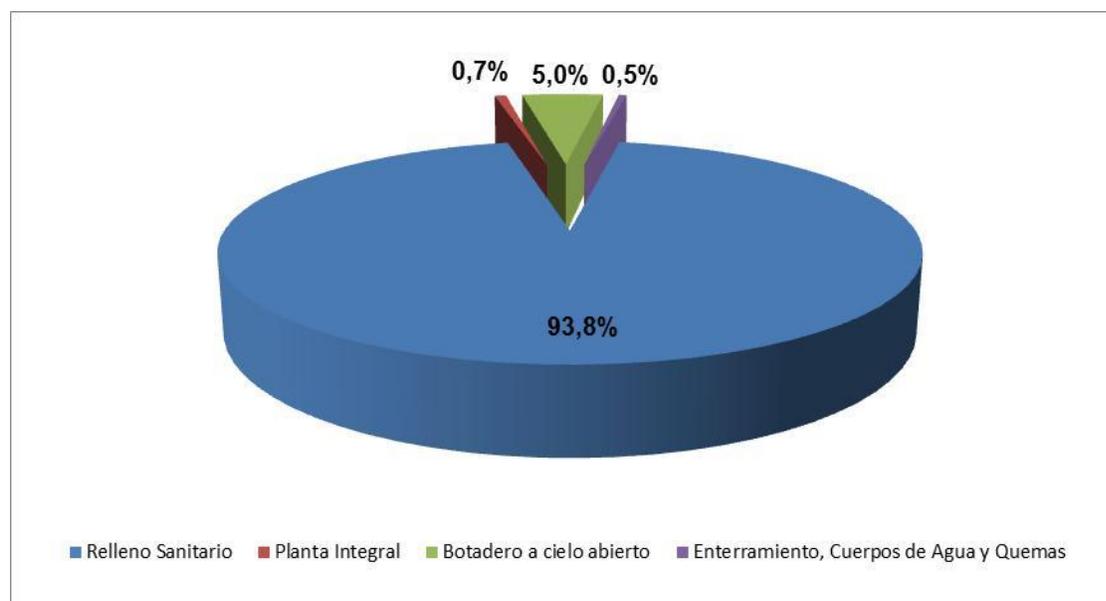
A partir de 1950 Colombia ha experimentado diferentes circunstancias sociales y políticas que desencadenaron hechos violentos en la gran mayoría del territorio y que repercutieron de manera decisiva en la migración de grandes cantidades de personas desde las zonas rurales hacia los núcleos de las principales ciudades del país, en lo que es llamado el fenómeno de “tugurización” de las ciudades (BIRF, 1996). Esta explosión demográfica en las ciudades sobrepasó su capacidad para atender los servicios de saneamiento básico e higiene de las mismas, diseñados para núcleos poblaciones mucho menores, y causó un serio impacto a los recursos naturales del sistemas, manifestándose estos hechos en la contaminación de aguas, contaminación atmosférica, contaminación de suelos, deterioro paisajístico y por ende en la calidad de vida de sus habitantes. Dentro de este marco, la generación de residuos sólidos aumento en cada ciudad, originando consecuencias en todas las fases de su gestión, desde su recolección hasta su tratamiento y/o disposición final (Sánchez et al., 2007).

No solamente se presentó un aumento en la generación de los residuos sólidos, sino que además se empezaron a generar y a gestionar otros tipos de residuos en el país como resultado del crecimiento e industrialización del mismo, lo cual añadió nuevos problemas en su gestión, y por supuesto, aumentó la complejidad en cuanto a salud pública en Colombia, originada por la inapropiada gestión de los residuos sólidos de todo tipo en el territorio nacional. Los problemas en salud pública ocasionados por la gestión inapropiada de los residuos sólidos convencionales y de los residuos sólidos peligrosos repercuten de manera directa y/o indirecta en la salud de las comunidades. El manejo y disposición de estos residuos se ha convertido en un problema ambiental que puede aumentar el riesgo de infecciones y enfermedades que amenazan la salud humana (López et al., 2004; Eriksson et al., 2005).

Como bien explica Cointreau (2006), la generación de residuos favorece el crecimiento de microorganismos que se alimentan de materia orgánica en descomposición (virus, bacterias, hongos y parásitos) que llegan al hombre mediante contacto directo con los residuos sólidos o por contacto indirecto debido a la acción mecánica de moscas, cucarachas, piojos, pulgas, roedores y animales domésticos (BIRF, 1996). Adicionalmente, y por acción indirecta, existen enfermedades generadas por la inapropiada gestión de los residuos sólidos y/o peligrosos en cualquier de sus fases, que repercuten en el deterioro de la salud del hombre, bien sea por contaminación de aguas por lixiviados, contaminación atmosférica por la quema, e incineración de residuos, generación de olores ofensivos y contaminación de suelos (Thomas, 1998). Como se puede apreciar, la relación entre residuos sólidos y salud humana no se explica mediante mecanismos directos, sino a través de manifestaciones indirectas favorecidas por la presencia de los residuos (Cointreau, 2006).

Se identifican tres grupos de personas, que según su papel en la gestión de los residuos sólidos pueden verse afectados de manera directa e indirecta: el personal que trabaja en los servicios de recolección, las personas que trabajan en las labores de reciclaje de los mismos, y la comunidad en general (BIRF, 1996). Los diagnósticos por contacto directo o indirecto con residuos sólidos se asocian a la aparición de vectores que pueden transmitir enfermedades como dengue, leptospirosis, trastornos gastrointestinales y alteraciones crónicas de la función respiratoria. La manipulación de los residuos sólidos, bajo condiciones deficientes de higiene personal y de saneamiento básico, ocasionan infecciones dérmicas, y potencialmente en niños, procesos diarreicos y parasitarios que resultan finalmente en desnutrición severa infantil (Tello et al., 2010). Como se puede apreciar, en este contexto se entrelazan complejamente condiciones del ambiente y conductas individuales y sociales, que pueden favorecer la ocurrencia de enfermedades. Frecuentemente no es adecuado culpabilizar a los individuos de las prácticas higiénicas inadecuadas dado que los contextos donde hay residuos sólidos se acompañan de pobreza y poca disponibilidad de agua, la cual es indispensable para tener buenas prácticas de higiene. En estos casos se entremezclan los problemas de residuos sólidos y contaminación hídrica o poca disponibilidad de agua potable, lo cual se observa en algunas regiones del país según datos de las ENCV.

Figura 2.6. Distribución sistemas de disposición final año 2011.



Nota: Fuente: [SSPD] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Situación de la disposición final de residuos sólidos. Diagnóstico. Bogotá DC: SSPD;2009.

El panorama de diagnósticos se amplía considerablemente, si se tiene en cuenta los efectos de los variados residuos peligrosos que se están generando a nivel industrial, e incluso a nivel doméstico en los hogares colombianos (Gaviria y Monsalve, 2012), pudiéndose incluir enfermedades que según el tipo de residuos peligrosos, la dosis y la vía de exposición afectan

a diferentes órganos del cuerpo. Así, la ingestión accidental de residuos peligrosos que se da por la deficiente manipulación de los mismos o desconocimiento de los mismos puede implicar daños sistémicos a diferente nivel de órganos o sistemas; el contacto directo con estos residuos puede conllevar a efectos locales, rara vez efectos sistémicos, y la inhalación de los mismos puede traer repercusiones leves, moderadas o severas al sistema respiratorio (De Koning et al., 1994); en el caso de las dioxinas y furanos que se emiten por la incineración de algunos residuos peligrosos industriales y de residuos hospitalarios (Aristizabal et al, 2008), se pueden observar repercusiones a largo plazo en el sistema endocrino, afectando el desarrollo neurológico, reproductivo y conductual y el sistema inmunológico. Algunas de estas sustancias tóxicas serán abordadas en mayor detalle en el capítulo correspondiente. El 93.8%, de residuos sólidos en el país tiene como destino final el relleno sanitario (SSPD, 2011); sin embargo, esta forma de disposición final no garantiza totalmente una gestión apropiada de los residuos sólidos.

Para el Relleno Sanitario “Doña Juana” la Universidad del Valle, en trabajo realizado para el Hospital Local de Vista Hermosa, realizó interesantes hallazgos en las comunidades circundantes a este sitio (Méndez F et al., 2006). Al revisar los índices antropométricos peso-talla, peso-edad y talla-edad para los niños menores a 3 años que residen en cercanías al relleno sanitario Doña Juana, se encontró que los promedios para estos índices son menores en estos niños que los mismos índices para niños menores de tres años de una población de referencia que se localiza a más de 8 kilómetros de distancia del relleno, en barrios con gran similitud en cuanto a las condiciones sociales, económicas y, lo cual muestra una asociación entre la exposición al relleno sanitario y la velocidad de crecimiento. En lo que respecta al índice antropométrico *peso-edad* y *talla-edad* la asociación entre las actividades del relleno sanitario y estos índices es insignificante, una vez se ajustan estos índices a variables biológicas y sociodemográficas relevantes (talla, comorbilidad, ocupación de la madre, lactancia, nivel de ingresos, personas por familia y régimen de afiliación a la seguridad social (Méndez F et al., 2006). De igual manera, en cercanías al botadero de basuras Navarro en la ciudad de Cali, se encontró que la exposición a este lugar tiene un impacto negativo en el crecimiento infantil, con menores valores promedio de *peso-talla*. El efecto en la *talla-edad* parece ser a largo plazo (Ocampo CE et al, 2008).

Según Rego (2005) la enfermedad diarreica aguda tiene asociación con la gestión de los residuos sólidos urbanos; sin embargo, para el caso del estudio realizado en el Relleno Sanitario Doña Juana, la Universidad del Valle menciona que la exposición al relleno no se asoció con una mayor prevalencia de enfermedad diarreica aguda, pero se observó que los niños de 33 o menos meses de edad tienen mayor probabilidad de presentar enfermedad diarreica aguda sin importar si están o no expuestos al relleno sanitario (Méndez F et al., 2006). Esto sugiere que el efecto se debe más a las condiciones socioeconómicas de los participantes en el estudio. Para la población adulta con edad superior a 50 años que residen en cercanías a rellenos sanitarios se presenta una mayor frecuencia de síntomas respiratorios, que aquellas de la misma edad que no son influenciadas por las actividades de estos lugares; el nivel socioeconómico es una variable importante en la prevalencia de los síntomas respiratorios asociados con la exposición a residuos sólidos (Méndez F et al., 2006).

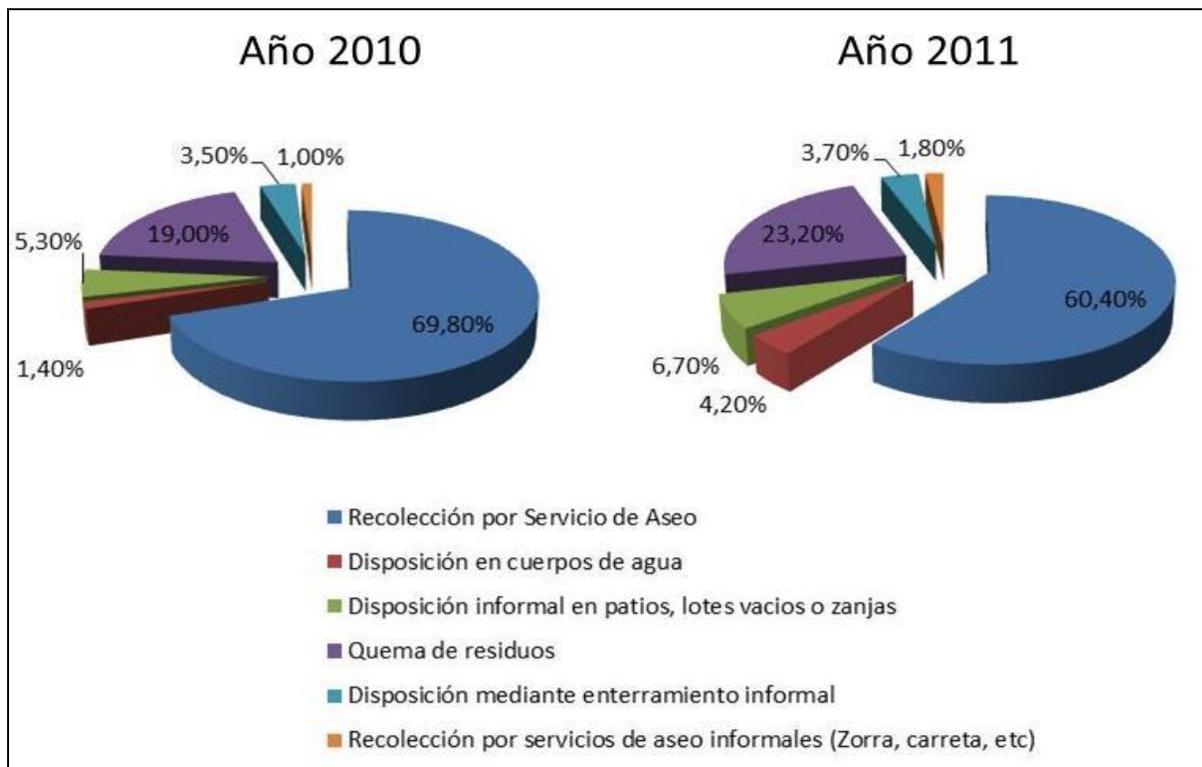
La situación de este relleno sanitario puede ser más crítica, si se tiene en cuenta la cantidad de residuos peligrosos que llegan a diario mezclados con los residuos convencionales y que no son tratados como tal, como se ha estudiado en otras capitales de Colombia (Gaviria y Monsalve, 2012). Se estima que a los rellenos sanitarios están llegando diferentes tipos de residuos peligrosos provenientes de actividades industriales y médicas, mezclados con residuos sólidos convencionales, hecho que aumenta el factor de riesgo en estos lugares. Situaciones similares pueden estar sucediendo en diversos botaderos y rellenos sanitarios del país.

Según datos de 2005 en Bogotá, un 88% de instituciones prestadoras de servicio de salud no realizan una adecuada gestión de los residuos generados, entre estos, residuos mercuriales (Vivas, 2005), los cuales tiene su destino en el relleno sanitario Doña Juana. En Santander, se reportó presencia de residuos peligrosos como plomo, cromo y mercurio dentro de la fracción de residuos sólidos convencionales (Cogan y Saavedra, 2000). Para el botadero Navarro en la ciudad de Cali se encontró evidencia de concentraciones elevadas de benceno y metano en una zona habitada ubicada a más de 3 km de la fuente con un gradiente de concentración, lo que sugiere que el origen de esos gases es el sitio de disposición de basuras (Gómez RM et al., 2008). Se sabe que altas concentraciones de benceno son tóxicas, afectan el sistema nervioso central, con genera efectos crónicos sobre la médula ósea (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2004).

En el relleno sanitario de la ciudad de Cartagena se encontró presencia de metales pesados como cadmio, manganeso y níquel en los lixiviados, además de niveles inferiores de plomo, cobre y mercurio (Olivero et al, 2008b). Esto es importante porque varios metales pesados se han asociado, en poblaciones infantiles, con daños al sistema neurológico y deterioro en el desarrollo de la conducta y la cognición (*American Academy for Child and Adolescent Psychiatry*, 2012).

Además de la problemática por inadecuada disposición de residuos peligrosos en rellenos sanitarios y la asociación de las actividades inherentes a este tipo de lugares con los problemas en salud mencionados, existe además inconvenientes por la disposición de residuos sólidos en lugares no apropiados. Según datos el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, para el año 2011 un 39.7 % de los hogares en Colombia disponen sus residuos sólidos de manera informal, bien sea quemándolos, en cuerpos de ríos y quebradas, y/o en botaderos a cielo abierto (DANE, 2011).

Figura 2.7. Modo de eliminación de basuras en el hogar 2010 / 2011.



Nota: Fuente: [DANE] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas en Colombia. Encuesta Nacional de Calidad de Vida. Encuesta Nacional. Bogotá DC: DANE;2011.

Se han realizado estudios que muestran como la mala disposición de los residuos convencionales en las áreas rurales puede afectar la salud de las comunidades, ya que estos hábitos favorecen la aparición de diferentes vectores los cuales se constituyen en los vehículos de transporte de agentes etiológicos de enfermedades como el dengue; Cabezas et al (2011) encontró en la población de Apulo, en Cundinamarca, formas inmaduras del vector *Aedes aegypti*, en residuos como latas, llantas, plásticos y vidrio. El peso porcentual de los residuos sólidos como criaderos correspondió al 16% respecto a los demás tipos de criaderos. En las poblaciones en donde existe presencia del mosquito *Aedes Aegypti* (vector transmisor del dengue), la inapropiada disposición de residuos sólidos, así como su acumulación, por deficiencias en la cobertura del servicios de recolección de aseo domiciliarios, se constituye en un factor de riesgo para la enfermedad (Cabezas et al., 2011). En el municipio de Arauca, se ha testimoniado la presencia de malos olores y la proliferación de moscas por la mala gestión a los residuos sólidos urbanos generados (Salamanca, 2005).

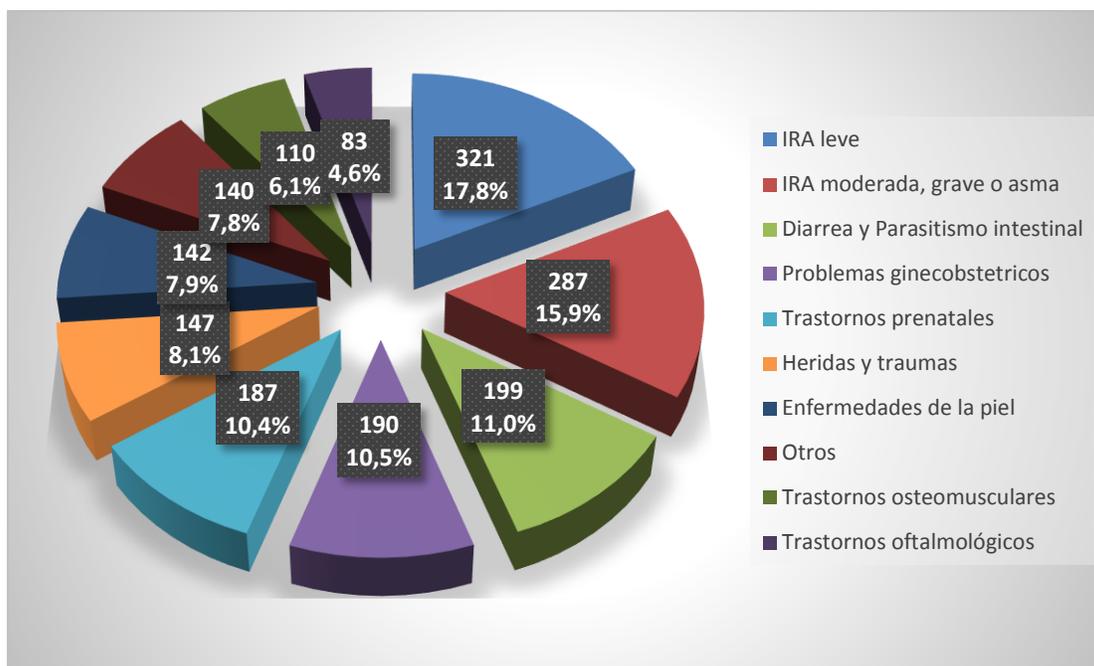
Colombia es el país de América Latina y el Caribe con mayor número de personas por cada 10.000 habitantes dedicadas a las labores de reciclaje de los residuos sólidos: 29.98 personas (Tello et al., 2010). El reciclaje en Colombia lleva más de 80 años y ha adquirido

cierto nivel de organización. Esta actividad, considerada como una estrategia para la minimización de los impactos por los residuos sólidos, se ha dado en Colombia debido a las condiciones sociales del país (ALUNA, 2001). De esta manera, las condiciones sociales y económicas (higiene, saneamiento, autocuidado, hábitos alimenticios, consumos de sustancias psicoactivas, tipos de vivienda), de los recicladores aumentan considerablemente el factor de riesgo ante las diferentes enfermedades que los aquejan, tipos de vivienda, autocuidado. Existen algunos estudios sobre la salud de los recicladores, que podría estar relacionada con la exposición a los residuos sólidos y/o peligrosos, como se verá más adelante. Infortunadamente la ausencia de un grupo de referencia adecuado impide determinar si existe esta asociación.

En 1994, la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá investigó la morbilidad sentida a través de entrevistas con 108 recicladores que manifestaron haber padecido trastornos osteomusculares reflejados en dolor de cintura, de piernas y de cuello; gripe y tos, relacionadas con los cambios de clima y el polvo y vapores que se producen al remover la basura; síntomas gastrointestinales; problemas de órganos de los sentidos, principalmente los ojos; y dolores de cabeza, posiblemente por anemia, cambios de la tensión arterial o hipoglicemia. De los 108 recicladores entrevistados, 33 eran mujeres; de ellas, 11 habían tenido algún aborto, 3 de las cuales no recibieron atención médica oportunamente (BIRF et al., 1996).

Los niños de los recicladores, por información suministrada por sus padres, padecían principalmente de problemas respiratorios (gripe y tos), problemas gastrointestinales (diarreas, cólicos, vómito), dolor de muelas, problemas en los ojos y oídos, lesiones como quemaduras, cicatrices, cortadas, magulladuras, desaliento (desnutrición, anemia). Las compañeras de los recicladores (muchas de las cuales los acompañaban en sus recorridos) en opinión de sus compañeros tenían problemas de salud que resultaron similares a los de ellos mismos. Se obtuvieron datos de morbilidad atendida por parte de dos instituciones de salud.

Figura 2.8. Los 10 diagnósticos más frecuentes en los 2.341 recicladores que acudieron durante 1993.



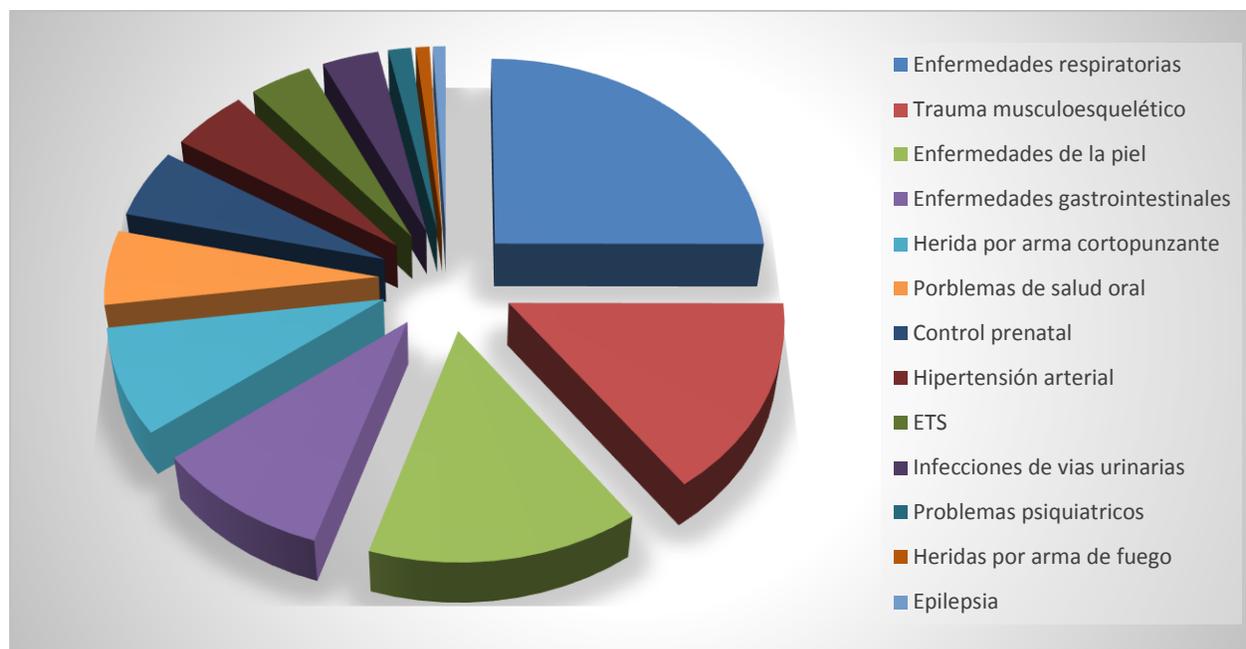
Nota: Fuente: [BIRF] Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Programa de Gestión Urbana, [MINSALUD] Ministerio de Salud de Colombia, [MINAMBIENTE] Ministerio de Ambiente de Colombia, & [OPS] Organización Panamericana de la Salud. Análisis sectorial de residuos sólidos en Colombia. Washington: BIRF, MINSALUD, MINAMBIENTE, 6 OPS;1996.

La estratificación de estos diagnósticos por edades mostró que las personas mayores de 60 años padecieron problemas cardiovasculares (12 casos), urológicos (3 casos), gastrointestinales (4 casos), infección respiratoria aguda (3 casos). Los recicladores entre 46 a 59 años: padecieron trastornos cardiovasculares (34 casos), heridas y trauma (15 casos), enfermedades respiratorias (15 casos), osteomusculares (10 casos). Las personas dedicadas a esta labor entre los 26 a 45 años: registraron consultas relacionadas con gineco-obstetricia (76 casos), control prenatal (52 casos), heridas y traumas (54 casos), dolencias osteomusculares (52 casos), infecciones respiratorias (55 casos), urología (20 casos), oftalmología (22 casos). Los jóvenes entre los 13 a 25 años dedicados al reciclaje: requirieron control prenatal (119 casos), asuntos relacionados con gineco-obstetricia (102 casos), planificación familiar (5 casos), infecciones respiratorias (75 casos), heridas y trauma (32 casos), trastornos osteomusculares (29 casos), gastrointestinales (39 casos).

Los niños de 5 a 12 años: se afectaron por infecciones respiratorias (60 casos leves y 51 moderados o graves), diarrea y parasitismo intestinal (42 casos), problemas de piel (29 casos), heridas y trauma (21 casos), problemas de ojos (28 casos). Los niños entre los 1 a 4 años padecieron problemas similares al grupo de edad de 5 a 12 años, con un porcentaje menor de traumas y heridas. Los casos de infección respiratoria aguda moderada o grave (102 casos),

son tan frecuentes como los de infección respiratoria aguda leve (103 casos); y en los infantes menores de 1 año la infección respiratoria aguda leve fue la patología más frecuente (90 casos), diarrea (26 casos), problemas de la piel (24 casos). En el Consultorio Comedor El Lago se reportaron los siguientes diagnósticos:

Figura 2.9. Los 10 diagnósticos más frecuentes de recicladores que acudieron durante 1993.



Nota: Fuente: [BIRF] Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Programa de Gestión Urbana, [MINSALUD] Ministerio de Salud de Colombia, [MINAMBIENTE] Ministerio de Ambiente de Colombia, & [OPS] Organización Panamericana de la Salud. Análisis sectorial de residuos sólidos en Colombia. Washington: BIRF, MINSALUD, MINAMBIENTE, 6 OPS;1996.

El Hospital El Guavio, que también atendió a recicladores en 1993, informó que la mayoría de los hijos de los recicladores ingresaron principalmente por infecciones respiratorias (igual que sus padres), con desnutrición subyacente asociada y muchos de ellos, con desarrollo psicomotor deficiente (BIRF et al., 1996). Según el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (1996) la infección respiratoria aguda es muy común en todos los grupos etarios de los recicladores, además de otras patologías como problemas gastrointestinales, las enfermedades de la piel, de los dientes y de los ojos. (BIRF et al., 1996).

En la ciudad de Medellín, se realizó un estudio con 97 personas dedicadas a la labor del reciclaje informal en los años 2003-2004. La mayoría de los recicladores encuestados reportó morbilidad autopercebida por infecciones respiratorias, que pueden relacionarse con la exposición a material particulado presente en el aire y en los residuos sólidos. Se les realizó

además una valoración médica en la cual prevalecieron los diagnósticos relacionados con patologías de los órganos de los sentidos y enfermedades circulatorias (Gómez JA et al., 2007).

Tabla 2.6. Condiciones de salud de la población de recicladores. Medellín, Colombia.

| Característica | Hombres | | Mujeres | | Total | |
|---|---------|------|---------|------|-------|------|
| | n | % | n | % | n | % |
| Enfermedad en los últimos 15 días (N=97) | | | | | | |
| SI | 17 | 26.2 | 18 | 56.2 | 35 | 36.1 |
| NO | 47 | 72.3 | 14 | 43.8 | 61 | 62.9 |
| NS/NR | 1 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Enfermedad Percibida (n=35) | | | | | | |
| Infección respiratoria | 7 | 41.2 | 6 | 33.3 | 13 | 37.1 |
| Enfermedad diarreica | 1 | 5.9 | 2 | 11.1 | 3 | 8.6 |
| Cardiovasculares | 0 | 0 | 2 | 11.1 | 2 | 5.7 |
| Lesiones dermatológicas | 1 | 5.9 | 2 | 11.1 | 3 | 8.6 |
| Otras infecciones | 2 | 11.8 | 0 | 0 | 2 | 5.7 |
| Enfermedad de los dientes | 1 | 5.9 | 0 | 0 | 1 | 2.9 |
| Otras no especificadas | 5 | 29.4 | 6 | 33.3 | 11 | 31.4 |
| Valoración Médica (n=49) | | | | | | |
| Sano | 3 | 10.0 | 0 | 0 | 3 | 6.1 |
| Enfermedades de los órganos de los sentidos | 9 | 30.0 | 3 | 15.8 | 12 | 24.5 |
| Alteraciones sistema circulatorio | 4 | 13.3 | 5 | 26.3 | 9 | 18.4 |
| Enfermedades de los dientes | 2 | 6.7 | 0 | 0.0 | 2 | 4.1 |
| Alteraciones dermatológicas | 0 | 0 | 2 | 10.5 | 2 | 4.1 |
| Alteraciones respiratorias | 5 | 16.7 | 1 | 5.3 | 6 | 12.2 |
| Alteraciones osteomusculares | 2 | 6.7 | 5 | 26.3 | 7 | 14.3 |
| Infecciones | 0 | 0 | 1 | 5.3 | 1 | 2.0 |
| Otras | 5 | 16.7 | 2 | 5.3 | 7 | 14.3 |

Nota: Fuente: Gómez JA, Agudelo AA, Sarmiento JI, & Ronda E. Condiciones de trabajo y salud de los recicladores urbanos de Medellín (Colombia). Archivos de Prevención de Riesgos Laborales;2007;4:181-187.

La falta de selección de residuos en la fuente, así como su mala gestión desde el generador, induce factores de riesgo para las personas que trabajan en la labor del reciclaje. El material en descomposición presente en los residuos sólidos puede ser una fuente que favorece la aparición de vectores portadores de diferentes microorganismos, tales como hongos, bacterias y parásitos. Todos estos patógenos pueden causar enfermedades infecciosas y transmisibles, como enfermedad diarreica aguda, parasitosis intestinales, enfermedades respiratorias, entre otras. Además, el proceso de descomposición genera aerosoles que pueden contener partículas de microorganismos nocivas para la salud humana (Ballesteros et al., 2008).

La presencia de residuos infecciosos en los residuos sólidos que manipulan los recicladores (toallas higiénicas, gasas, algodones, agujas, otros), favorece el contagio de infecciones intestinales, como bacterias enteropatógenas (*Escherichia coli*, *Salmonella sp*, *Shigella sp*, entre otras), parásitos intestinales como amebas y gusanos (*Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Trichuris trichiuria*, otros) y virus (rotavirus, enterovirus, adenovirus hepatitis A, otros). La falta de elementos de protección personal al ejercer la selección manual de residuos sólidos infecciosos por parte de los recicladores, aumenta el riesgo de transmisión de microorganismos al ocurrir accidentes con elementos cortopunzantes contaminados con sangre la cual es fuente de contaminación con patógenos de gran importancia como los virus de la hepatitis B, hepatitis C y de la inmunodeficiencia humana (vih), infecciones con *Clostridium tetani* (Ballesteros et al., 2008). Si bien se piensa que la capacidad de infección se pierde al estar los microorganismos al aire libre, estudios recientes evidencian mayor prevalencia de infecciones como hepatitis B (Rachiotis et al., 2012), sobre todo en quienes manipulan desechos hospitalarios o desechos que no son debidamente clasificados (Cussioli et al, 2006).

Para 2004, después de conocerse un caso de intoxicación severa de plomo en una niña del municipio de Soacha, se realizó un estudio con 32 niños menores de 12 años cuyos padres se desempeñaban en el reciclado informal de plomo proveniente de baterías para automóviles; todos los niños evidenciaron niveles altos de plomo y dos tercios de ellos resultaron con intoxicaciones severas por este metal pesado (Hurtado et al., 2008).

Si bien es cierto que el país, muestra significativos avances en la gestión de los residuos sólidos convencionales y peligrosos con respecto a otros países del continente, los estudios realizados por la SSPD y el DANE evidencian todavía las opciones de mejora respecto de la disposición final de los residuos sólidos en áreas rurales y municipios, en donde todavía se encuentran problemas por disposición inapropiada de residuos sólidos y falta de cobertura de los servicios de saneamiento básico. La inapropiada disposición de residuos sólidos afecta de manera directa o indirecta la calidad del recursos hídrico, litosférico y atmosférico, con relaciones sinérgicas para el deterioro del medio ambiente y por ende la salud de las comunidades.

Existen evidencias muy puntuales que permiten corroborar la literatura en lo correspondiente a las afectaciones a la salud de las personas por la inadecuada gestión de residuos sólidos o ausencia de la misma. Sin embargo, para el país no se tiene mayor información epidemiológica que permita vislumbrar claramente la situación actual en cuanto a salud pública. Los estudios que se han realizado se focalizan en las principales ciudades del país, más exactamente en Bogotá D.C., Medellín y Cali, creando una incertidumbre en lo que puede estar aconteciendo con esta temática en las demás regiones del país. La literatura en cuanto a los aspectos técnicos de los sitios de disposición final de residuos sólidos, así como las cifras oficiales de generación de residuos y cobertura de servicios de saneamiento básico son indicios claros de la situación que se está presentando en diferentes regiones del país, y de los impactos ambientales que se han generado en los ecosistemas por causa de la mala gestión de los residuos. Sin embargo, la asociación de estos impactos ambientales con la salud

de las comunidades se limita a la teoría, pues los datos disponibles de salud no poseen la especificidad necesaria para lograr una buena correlación de ambas variables.

Queda claro, de acuerdo a los estudios analizados en este capítulo, que los niños menores de 5 años, así como las mujeres, son grupos muy susceptibles dentro de la problemática de la gestión de residuos sólidos en el país, recayendo en ellos las mayores afectaciones de las patologías analizadas. En cuanto a estratos socioeconómicos, los mayores problemas en salud pública se dan en estratos bajos, bien sea por la cercanía de sus lugares de residencia a los lugares de disposición final o a sus roles como recicladores dentro de la gestión de los residuos. Los hábitos de los estratos más bajos también juegan un papel preponderante, pues la desinformación y la falta de conocimiento en el tema son precursores de diferentes situaciones sanitarias que aumentan los factores de riesgo para las enfermedades originadas por los residuos sólidos convencionales y peligrosos.

De cualquier manera, la falta de estudios en la mayor parte de las regiones del país, no es motivo para señalar la ausencia de efectos adversos en la salud asociados a los residuos sólidos. La literatura internacional es consistente para varias enfermedades, principalmente de origen infeccioso; la incertidumbre radica más sobre los efectos que puedan darse por los residuos tóxicos que dependerán de su presencia y niveles de concentración presentes. En muchos de estos casos, los efectos adversos no deben esperarse únicamente entre los pobladores que residen inmediatamente en los alrededores de los lugares de concentración de los residuos sólidos o peligrosos, sino que pueden extenderse a otras regiones por diferentes vías, entre las que sobresalen el transporte por aire, el suelo y el agua.

3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Las enfermedades transmitidas por el agua (ETA's) son aquellas que se adquieren como consecuencia de la exposición o ingesta de agua contaminada por microorganismos patógenos.

Estas enfermedades pueden ser producidas por bacterias, virus, protozoarios y helmintos, provocando diarrea, fiebre tifoidea, cólera, giardiasis, hepatitis, disentería amebiana, entre otras enfermedades (Cotruvo et al., 2004). Las ETA's siguen siendo una causa de morbilidad y mortalidad importante a nivel mundial, siendo el principal medio de transmisión aguas contaminadas para uso y consumo humano. Por ejemplo, en 2006 se estimó que el 13% de la población (alrededor de 884 millones de habitantes) utilizaban algún tipo de fuentes de agua contaminada (UNICEF/WHO, 2008).

Como consecuencia, las muertes por uso de aguas contaminadas, mala sanidad e higiene sigue siendo importante a nivel mundial, cobrando 1.6 millones de vidas en países en vías de desarrollo. Además, los años de vida potencialmente perdidos debido a este problema afectan a 64 millones de personas, ocupando el cuarto lugar a nivel mundial (WHO, 2009b). Muchas de estas enfermedades podrían evitarse; por ejemplo, se estima que el 94% de los casos de diarrea podrían evitarse mediante acceso al agua potable, mejor sanidad e higiene (WHO, 2007). Aunque entre 1990 y 2010 el porcentaje de personas que tiene acceso a servicios de agua potable y sanidad ha aumentado, todavía existe mucha gente que carece de estos servicios básicos (WHO, 2012b).

En América Latina y el Caribe, las condiciones de vida y calidad del agua son muy desfavorables, lo que ocasiona una alta incidencia de ETA's. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), entre 1980 y 1997 la población en pobreza y pobreza extrema ha aumentado un poco más de la mitad en zonas urbanas, mientras que para las zonas rurales se registró un aumento de entre cinco y siete millones de personas (CEPAL, 1999). Las regiones con mayores concentraciones de pobreza son Centroamérica, la región andina y el Nordeste brasileño, en donde hasta un 60% de la población vive por debajo del umbral de la pobreza (Echeverría, 2000).

En cuanto a servicios de agua potable, entre 1990 y 2006 la población con fuentes de abastecimientos inseguras de este vital líquido se redujo de 16 % a 8 %. Estas proporciones varían de acuerdo al nivel de urbanización de la población, ya que en zonas urbanas se observa una menor proporción de población con abastecimiento de agua no potable comparada con zonas rurales (3 % contra 27 %, respectivamente; (UNICEF/WHO, 2008). Esta situación

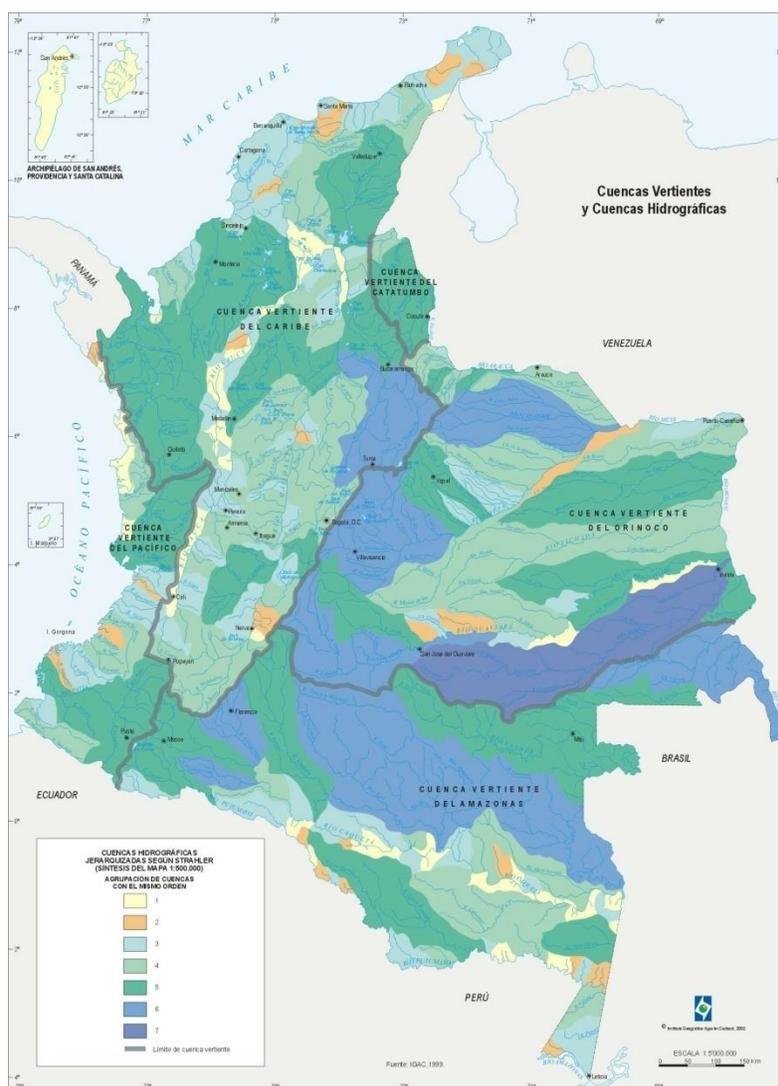
provoca que algunas ETA's sigan existiendo en Latino América y el Caribe. Por ejemplo, 1.1 millones de personas en esta región se encuentran infectadas por tracoma, mientras que para el caso de la esquistosomiasis, 1.8 millones de personas la padecen y 36 millones de personas están en riesgo de padecerla (Ault, 2007).

La situación de América Latina y el Caribe no difiere mucho de la de Colombia, y mucha de su población sigue padeciendo de ETA's debido a las condiciones de vida. En este país, 5.9 % de las viviendas son inadecuadas (v.gr. poseen piso de tierra), siendo este porcentaje mayor en zonas rurales que en urbanas (16.4 % y 2.6 %, respectivamente). Además, todavía existe una gran parte de su población rural que carece de servicios de alcantarillado (84 %) y de distribución de agua (46.5 %; (Castaño, 2007). Esto ocasiona que algunas ETA's sigan afectando a la población, como es el caso de las enfermedades infecciosas intestinales que es la quinta causa de mortalidad en niños menores de cinco años con una tasa de 4 por 100,000 habitantes, la diarrea en la población con el mismo rango de edad mencionado con una tasa de mortalidad de 7.34 por 100,000 habitantes (OPS, 2012a; WHO, 2012b).

3.1. Distribución del agua en Colombia

Colombia tiene una superficie total de 1'141.748 km²; lo cual lo ubica como el tercer país más grande de América del Sur. A nivel mundial, Colombia es considerada uno de los países más ricos en cantidad de recursos hídricos, resultado de distintos factores geográficos, meteorológicos y biológicos (Mejía F et al., 1999; Poveda G, 2004). Al colindar con los océanos Pacífico y Atlántico, Colombia recibe una gran cantidad de humedad la cual penetra hacia el interior país. Fenómenos meteorológicos como los vientos alisios, la Niña, la zona de convergencia intertropical, la corriente de chorro de Chocó, los sistemas convectivos de meso-escala y las ondas tropicales del este aumentan la precipitación en el país. Por último, la vegetación tiene un efecto sobre la humedad atmosférica de la región, ya que gran parte de ésta proviene de la evapotranspiración de las plantas. En conjunto, estos factores hacen posible que a lo largo del año se registre precipitación en Colombia, existiendo dos temporadas con valores máximos en los meses de abril-mayo y octubre-noviembre (Mejía F et al., 1999; Poveda, 2004).

Figura 3.1. Cuencas vertientes y cuencas hidrográficas. Colombia, 2002



Nota Fuente: IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Colombia cuenta con varios ríos que en conjunto llegan a tener caudales de hasta 60,000 m³/s. Estos ríos se encuentran distribuidos en cinco vertientes hidrográficas (Figura 3.1):

1. **Vertiente del Caribe:** esta vertiente es la más importante en Colombia desde el punto de vista económico, ya que es utilizada como una red de comunicación sur-norte y para generar energía eléctrica. Su extensión es de 362,000 km² y está compuesta por las cuencas de los ríos Magdalena-Cauca, Atrato, sierra Nevada de Santa Marta y la Guajira, Sinú, León, Catatumbo, y otras cuencas menores como las del César, Ranchería y San Jorge.
2. **Vertiente del Pacífico:** en esta zona se registran las mayores precipitaciones en el mundo. Cuenta con más de 200 ríos en los 88,000 km² que la conforman, siendo sus

principales cuencas la de los ríos Patía, San Juan, Mira, Baudó, y las cuencas menores del Micay y Guapi.

3. **Vertiente del Orinoco:** las cuencas de los ríos Guaviare, Meta, Vichada, Tomo, Arauca, Orinoco, conforman esta vertiente con un total de 382,000 km² de extensión.
4. **Vertiente del Amazonas:** en esta zona se encuentran los ríos más largos de Colombia. Posee un área de 345,000 km² y está formada por las cuencas de los ríos Amazonas, Caquetá, Guainía, Putumayo y Vaupés.
5. **Vertiente del Catatumbo:** sus 18,700 km² de extensión están conformados las cuencas del río Catatumbo, Zulia y Sardinata.

Los centros hidrográficos, es decir, las zonas montañosas que abastecen con agua dulce a Colombia se encuentran distribuidos en la cordillera de los Andes y de la Sierra Nevada de Santa Marta, siendo los principales el Macizo Colombiano, Nudo de los Pastos, Cerro de Caramanta, Nudo Paramillo, Páramo de Sumapaz, Páramo de Guachaneque, Nudo de Santurbán y Sierra Nevada de Santa Marta.

El uso de los recursos hidrológicos puede ser considerado como una medida de desarrollo, ya que está directamente relacionada con actividades agrícolas, la conservación del medio ambiente y la salud humana. De acuerdo a la OMS, el requerimiento diario de agua diaria de una persona, para cubrir sus procesos fisiológicos básicos es de 2 litros por día, por ello que la relación entre el agua y la salud pública está directa e indirectamente relacionadas con la disponibilidad de cantidad y calidad de agua y por el tamaño de las poblaciones.

De acuerdo al Estudio Nacional de Agua 2010 (Arévalo et al., 2011), la oferta hídrica de Colombia asciende a 2.300 km³/año y su demanda está asociada a la distribución de la población dentro de cada cuenca hidrográfica. De esta manera, el área hidrográfica que concentra los mayores asentamientos humanos de Colombia es la de cuenca vertiente del Caribe, misma que no cuenta con la mayor disponibilidad de agua; mientras que la región de la Amazonia y Orinoquia, donde se concentra la mayor disponibilidad de agua del país, cuenta con una población de apenas cerca del 10% de la población nacional (Arévalo et al., 2011).

Con el incremento de la población y el desarrollo, existe una creciente demanda de acceso a agua potable y saneamiento básico, sin embargo en las regiones rurales de Colombia existen dificultades para su acceso. De acuerdo a Profamilia, el acceso a agua potable y saneamiento básico es diferencial entre las poblaciones rurales y urbanas. En la zona rural el acueducto llega al 17 % de las viviendas frente al 91 % de las viviendas en la zona urbana, mientras que para la disposición final de excretas, en la zona rural el 22 % de las viviendas tiene conexión a alcantarillado frente al 92 % de las viviendas en la zona urbana (PROFAMILIA, 2010).

De acuerdo a la evidencia científica reportada entre 1998 y el 2012, las ETAs importantes en términos de salud pública son las siguientes:

Tabla 3.1. Enfermedades transmitidas por agua en Colombia.

| Enfermedades transmitidas por agua | Clave CIE 10 |
|--|---------------------|
| Enfermedades diarreicas | |
| Cólera | A00 |
| Fiebre tifoidea – Fiebre paratifoidea | A01 |
| Otras infecciones por <i>Salmonella</i> | A02 |
| Shigelosis | A03 |
| Otras infecciones bacterianas intestinales | A06 |
| Otras intoxicaciones alimentarias bacterianas | A05 |
| Amebiasis | A06 |
| Otras infecciones intestinales debidas a protozoarios | A07 |
| Otras infecciones intestinales organismos especificados | A08 |
| Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso | A09 |
| Hepatitis A | B15 |
| Tracoma | A71 |
| Esquistosomiasis | B65 |

Nota: Fuente: El autor.

Con el fin de tener una panorámica general de la problemática sanitaria asociada con la contaminación del agua, a continuación se revisará la evidencia publicada de los principales microorganismos, en diferentes regiones del país.

3.2. Enfermedad diarreica

La diarrea es definida por la Organización Mundial de la Salud como tres o más deposiciones líquidas en un periodo de 24 horas. Se considera diarrea aguda si presenta una duración de 14 días o menos, y persistente si el episodio dura más de este tiempo. Las enfermedades diarreicas representan cerca de dos millones de muertes al año entre niños menores de 5 años, siendo la segunda causa de muerte en niños en todo el mundo y es más común en países en desarrollo (WHO, 2007). Desde hace más de 30 años la etiología de las

diarreas se ha venido estudiando ampliamente, por lo que se conoce que los agentes etiológicos más comunes son los virus, principalmente el rotavirus; le siguen las bacterias, entre las que destacan la *Escherichia coli*, *Shigella*, *Salmonella* y *Vibrio cholerae* y en tercer lugar destacan los parásitos dentro de los cuales el *Cryptosporidium* y la *Giardia lamblia* ocupan un importante lugar (Angel et al., 1985).

La vigilancia centinela de la enfermedad diarreica aguda (EDA) llevada a cabo en el Laboratorio Nacional de Referencia del Instituto Nacional de Salud (INS) (2011), ha venido mostrando este comportamiento en Colombia. Por ejemplo, durante el 2003, datos obtenidos de 1,335 muestras mostraron que el 17.5% fueron positivos para los siguientes microorganismos: rotavirus (7%), *Giardia duodenalis* (6%), *Cryptosporidium* sp. (3%), *Shigella* sp. (0.8%), y *Salmonella* sp. (0.7%) (OPS, 2007). Durante 2011 el INS recibió 198 aislamientos entre muestras biológicas y de agua, para identificación o confirmación de *V. cholerae*, los cuales fueron descartados. De las muestras procesadas el 57 % correspondía a *Vibrio spp* y el 19% negativos para el *Vibrio cholerae* y enterobacterias; adicionalmente se aislaron otros tipos de agentes en las muestras procesadas. Además se notificaron 13961 casos con 899 brotes de ETA. Con respecto a la morbilidad por EDA, durante 2011 se reportaron un total de 2,335,665 casos en todos los grupos de edad, y de muertes en población menor de 5 años por EDA se notificaron 149 casos (López y Espinosa, 2011).

Estudios para determinar la prevalencia y tipo de agentes infecciosos que causan la diarrea en Colombia encontraron en una muestra de 129 niños menores de 5 años atendidos en Tunja, Boyacá, los siguientes agentes causales: rotavirus en 48.1% de las muestras, *Shigella* 0.8%, *Escherichia coli* 13.9%; *Campylobacter* 2.3%; *Giardia lamblia* 12.4%; *Entamoeba histolytica* 7%; en 15.5% de casos no se identificó agente causal. La asociación fue creciente con la edad para *Rotavirus* ($p < 0.01$), *E. coli* ($p < 0.05$) y *Campylobacter* ($p < 0.001$) (Manrique et al., 2006).

En otro estudio en población infantil (2006) en Chia, Colombia, con un tamaño de muestra de 100 niños (66 con EDA y 34 sanos), encontró *E. coli* en el 75 %, *Enterobacter spp* en el 9%, *Citrobacter spp* en el 1%, *Salmonella spp* en el 1%, *Proteus spp* 1% y *Norovirus* en el 5% respecto a las 100 muestras. En cuanto a la coinfección entre virus y bacterias solo el 3% fueron casos positivos (*Norovirus* y *E. coli*); (Forero, 2009). Gutiérrez y colaboradores (2006) estudiaron 300 niños menores de 5 años de edad durante un periodo de un año para identificar los tipos de agentes microbianos y agentes virales asociados a las EDAs, encontrando que el 40% se asociaban con virus, el 20.6% con bacterias, 9% con parásitos.

En Cartagena y Sincelejo, Colombia también existe un estudio que determinó la etiología de la diarrea aguda en 253 niños entre los cuales rotavirus y el patógeno entérico *E. coli* se presentaron con frecuencia. En 253 muestras de heces, los siguientes patógenos entéricos se identificaron: rotavirus tipo A (36.6%) como el mayor agente, *Salmonella spp* (9%), *Shigella spp* (8%), el patógeno entérico *Escherichia coli* (6%), hemorrágico entérico *E. coli* (2.8%), *Giardia lamblia* (4%), *Ascaris lumbricoides* (2.8%), etc., entre las cuales, las infecciones con más de un patógeno ocurrieron en 96 (37.9%) de los pacientes. (Urbina et al., 2003).

De igual manera, en una muestra de 153 niños, enteropatógenos en 33 (21.57%), *Shigella spp.* (18.3%), *Salmonella typhi* (1.31%), *Salmonella no typhi* (1.96%), adenovirus (0.65%) y rotavirus (3.27) (Briceño et al., 2010; Bernal et al., 2011) y otra muestra de 180 menores de cinco años con una mediana de edad de 12 meses, encontró que el 44.4% (IC 95% 37.1-52) de los episodios de diarrea fue causada por rotavirus y solo un 7.8% por *Giardia duodenalis*, (IC 95% 4.3-12.8) y *Salmonella spp* (IC 95% 4.3-12.8) (Yepes et al., 2010).

Es importante en el estudio de la diarrea es su estacionalidad, y así lo muestra un estudio desarrollado en la provincia de Sabana Occidente, en el cuál se encontró una mayor cantidad de virus asociados a las EDAs durante los meses de noviembre a abril ($p < 0.007$), mientras que las bacterias ($p < 0.03$) o parásitos ($p < 0.00014$) relacionados con las EDAs prevalecieron entre los meses de mayo a octubre (Gutiérrez et al., 2006).

3.2.1. Carga de la enfermedad.

Colombia ha logrado reducir sustancialmente la mortalidad infantil y la mortalidad infantil por diarrea. La mortalidad infantil es ahora alrededor de un tercio más bajo que en la región de América Latina y el Caribe, y casi un 50 por ciento inferior a la media de los países de bajos ingresos medios. De acuerdo al DANE, en Colombia aproximadamente el 7.3 por ciento de la mortalidad infantil se atribuye a enfermedades diarreicas (1,450 a 1,820 muertes por año). Se estima del 90% de los casos y de las hospitalizaciones de esta causa, se puede atribuir al agua, al saneamiento y la higiene (Tabla 3.2) y es más frecuente en las zonas rurales habitadas por los segmentos más pobres de la población (Tabla 3.3), como es el caso de la población que habita en los departamentos de Chocó, Cauca, Valle del Cauca y Nariño (Larsen, 2004).

Tabla 3.2. Estimación del impacto anual en la salud debido a la insuficiencia de agua, saneamiento e higiene

| Parámetros | Estimaciones anuales | |
|---|----------------------|---------------|
| | Bajas | Altas |
| Casos de enfermedad diarreica | | |
| Niños (menores de 5) – incremento de la mortalidad | 1,305 | 1,635 |
| Niños (menores de 5) – incremento de la morbilidad | 12.4 millones | 12.4 millones |
| Población de 5 años y más - incremento de la morbilidad | 14.5 millones | 20.0 millones |
| Casos de hospitalización por diarrea | | |
| Niños (menores de 5) | 90,000 | 95,000 |
| Población de 5 años y más | 75,000 | 100,000 |
| Años de Vida Ajustados por Discapacidad Totales - mortalidad y la morbilidad | 64,000 | 91,000 |

Nota Fuente: Larsen B. Cost of environmental damage: A socio-economic and environmental health risk assessment, Colombia. Final report. Cairo: Ministry of Environment, Housing and Land Development Republic of Colombia;2004.

En Colombia, la proporción de Años de Vida ajustados por Discapacidad (AVAD) atribuibles al agua insalubre oscila entre 1.0 – 1.9%, similar al resto de América Latina, con la excepción de Bolivia, Ecuador, Guatemala, Perú y Nicaragua, donde la proporción es más alta (Larsen, 2004).

Tabla 3.3. Porcentaje de niños menores de 5 años con diarrea en las dos semanas previas por departamento en Colombia.

| Departamento | % |
|------------------------------|------|
| Cali | 10.8 |
| Bogotá | 10.9 |
| Bolívar, Sucre, Córdoba | 11.3 |
| Atlántico, Bolívar Norte | 11.6 |
| La Guajira, Cesar, Magdalena | 11.9 |
| Valle del Cauca | 12.5 |
| Tolima, Huila, Caquetá | 13.5 |
| Boyacá, Cundinamarca, Meta | 14.9 |
| Santanderes | 15.2 |
| Medellín | 15.8 |
| Antioquía | 16.2 |
| Caldas, Risaraldo, Quindío | 17.6 |
| Cauca, Nariño | 18.8 |
| Chocó | 22.0 |

Nota: Fuente: Sánchez E, Kulsum A, & Yewinda A. Environmental Priorities and Poverty Reduction: A Country Environmental Analysis for Colombia. Recuperado de: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6700> ;2007

*Con datos de la Encuesta Nacional de Demografía y Salud 2000.

3.2.2. Cólera

El cólera es un padecimiento producido por el *Vibrio Cholerae*, que puede vivir en el agua, los alimentos y los humanos por largos períodos, produciendo síntomas como fiebre, deposiciones diarreicas abundantes, vómito, deshidratación severa y falla circulatoria (choque hipovolémico). En Colombia los primeros registros de cólera datan de 1849 en Cartagena de Indias, causando la muerte de la cuarta parte de su población (Valera et al., 2004). Sin embargo, el número de casos se ha reducido drásticamente desde finales de 1992, cuando las pastillas de cloro desinfectantes fueron distribuidos para el tratamiento de agua en los hogares; además desde de que en Colombia se cuenta ya con un Plan de Prevención, Control y Respuesta al Cólera desde octubre de 2010.

El último brote importante de cólera en Colombia fue en 1992 y se ha planteado la hipótesis de que debido a un evento de El Niño durante ese año, se presentó un brote de cólera en las costas del Perú debido al rápido crecimiento de las bacterias del medio ambiente (Poirier et al., 2012; Quevedo, 1992). Este se diseminó a Colombia, presentándose el primer caso de

cólera de 1991 en el puerto de Tumaco y extendiendo hasta marzo de 1992, fecha en la que se informaron 17.673 casos de cólera, de los cuales el 95 % estaban en los 12 departamentos costeros incluyendo la isla de San Andrés, los cuales tienen el 49 % de la población colombiana. En total, de 1991 a 1995 se registraron 33,614 y 521 muertes (Ackers et al., 1998). Posteriormente la enfermedad se controló y sólo entre 1995 y 1997 aparecieron algunos brotes epidémicos focales en la Costa Atlántica y tres casos aislados en Tumaco (Urbina et al., 1997). Los casos presentes se produjeron por el biotipo El Tor, serotipo Inaba, el cual tiene entre sus principales características una mayor supervivencia en el ambiente, ya que persiste durante un mayor tiempo en aguas superficiales, aguas de desagüe y heces, lo cual explica su mayor diseminación (Tauxe et al., 1995).

Durante los últimos años se notificaron al sistema de vigilancia en salud pública (SIGIVIGILA) 13 casos sospechosos de cólera en el 2010, pero el 100% fueron negativos para agentes patógenos incluido *Vibrio cholerae* (López y Martínez, 2011); 57 casos sospechosos de cólera para el 2011, pero se descartaron por pruebas de laboratorio (López y Espinosa, 2011).

3.2.3. Fiebre tifoidea y paratifoidea y otras infecciones por *Salmonella*

La salmonelosis se presenta en términos generales dentro de dos espectros clínicos: la fiebre entérica más conocida como fiebre tifoidea y salmonelosis, cuya principal manifestación es la gastroenteritis (Méndez IA et al., 2010). La fiebre tifoidea es una enfermedad bacteriana producida por *Salmonella typhi* o *Salmonella paratyphi* que se adquiere a través alimentos y aguas contaminadas, Su reservorio natural es el hombre, que contamina el ambiente por la excreción intermitente de las bacterias (Chin, 2001). Se caracteriza por la presencia de fiebre continua, cefalea, anorexia, manchas rosadas en el tronco en enfermos de piel blanca y malestar general. La letalidad está asociada principalmente al desarrollo de complicaciones gastrointestinales como la perforación y hemorragias intestinales. La fiebre paratifoidea presenta un cuadro clínico inicial semejante aunque menos intenso, y la tasa de letalidad es mucho menor (Heymann, 2005).

Se presentan formas leves y asintomáticas, especialmente en las zonas endémicas y el incremento de sus casos se debe a las siguientes condiciones (Edelman y Levine, 1986):

- a) rápido incremento de la población,
- b) aumento de la urbanización,
- c) inadecuado desecho de los residuos sólidos,
- d) inadecuada calidad del agua,
- e) disminución del abastecimiento de agua y
- f) consumo de alimentos elaborados con aguas contaminadas

En Colombia, hasta el 2007 la incidencia de la enfermedad era muy baja de acuerdo al protocolo de Vigilancia de Fiebre Tifoidea y Paratifoidea del Instituto Nacional de Salud. A partir

del 2007 se inició la notificación obligatoria y para el 2008 el Sistema de Vigilancia de Colombia notificó 88 casos confirmados, de los cuales el departamento Norte de Santander aportó el 30% de los casos, Meta (19%), Cauca (17%) y Antioquia (16%). Para el año 2009 se confirmaron por laboratorio 102 casos de fiebre tifoidea, presentándose 33% de los casos en Meta, 21% en Antioquia y 18% en Norte de Santander (INS, 2007).

Durante el 2010 se notificaron 100 casos y los departamentos con mayor número de casos fueron Norte de Santander (46%), Bogotá (16%), Antioquia (14%) y Meta (8%); del total de los casos de este último año, 27 de se debieron a un brote por consumo de agua no tratada en el departamento de Chocó (Muñoz, 2010). En el año 2011 se presentaron 104 casos, volviendo a repetir en número de casos el Norte de Santander. Para el 2011, se notificaron 4 brotes con 35 casos de fiebre tifoidea y paratifoidea en las entidades territoriales de Valle del Cauca (Argelia y Tuluá), Sucre (Sincedejo) y Huila (Garzón) (INS, 2012).

En un estudio que caracterizó dos brotes por fiebre tifoidea en Antioquia, a pesar de que confirmó positivo para *Salmonella typhi*, en el estudio de aguas fue negativo para *Salmonella* spp en las muestras de agua recolectadas tanto a nivel superficial como a profundidad agua del canal de aguas negras, de aguas servidas provenientes de lavaderos de la zona, de aguas del tubo de distribución y de aguas del pozo en tierra (Cardona et al., 2007). En cuanto salmonelosis, esta se asocia frecuentemente con la enfermedad diarreica aguda debido a que la bacteria se propaga principalmente por la ingestión de alimentos o de aguas contaminadas o por personas infectadas que manipulan los alimentos (Méndez et al., 2010) y su incidencia es más alta que la Fiebre tifoidea (Tabla 3.4).

En Colombia existen estudios que establecen la presencia de *Salmonella* en alimentos. Por ejemplo, Durango y cols. analizaron 636 muestras de alimentos obtenidas en ventas de comidas rápidas callejeras y en plazas de mercados de Barranquilla (n=245), Montería (n=222), Sincedejo (n=87) y Cartagena (n=82), todas ellas en el Caribe Colombiano; aislaron 47 casos (7,4%) de *Salmonella* spp en carne de res (9.3%), chorizo (12.6%), queso (7.9%), carne de cerdo (5.2%), pollo (1.6%) y arepa de huevo (10.5%), observando que 97% de los establecimientos en donde se aisló *Salmonella* spp. tenía malas condiciones sanitarias (Durango et al., 2004).

Tabla 3.4. Incidencia de salmonelosis en Colombia. 1997 – 2010

| AÑO | Casos | Tasa casos/100.000 hab. |
|-------------|--------------|------------------------------------|
| 1997 | 99 | 0.2387 |
| 1998 | 112 | 0.2701 |
| 1999 | 127 | 0.3063 |
| 2000 | 145 | 0.3497 |
| 2001 | 171 | 0.4124 |
| 2002 | 252 | 0.6077 |
| 2003 | 254 | 0.6125 |

| | | |
|-------------|-----|--------|
| 2004 | 281 | 0.6776 |
| 2005 | 338 | 0.8151 |
| 2006 | 331 | 0.7982 |
| 2007 | 417 | 1.0056 |
| 2008 | 400 | 0.9646 |
| 2009 | 647 | 1.5602 |
| 2010 | 759 | 1.7697 |

Nota: Fuente: INS en base a datos emitidos por el Grupo de Microbiología y Censo del 2005.

* No se incluyeron los datos de *S. Typhi*.

De igual forma, en la región Caribe Colombiana se analizaron 1 300 muestras de alimentos provenientes de mercados y ventas callejeras, de las cuales se recuperaron 74 aislamientos de *Salmonella spp.* en mayor frecuencia, en carne de res 30 (40.5 %), seguido por alimentos embutidos 13 (17.6 %) y en pollo 12 (16.2 %). Solamente se aisló un caso de en agua en la ciudad de Barranquilla (Espinal et al., 2006).

También en Bogotá se recolectaron 42 muestras de alimentos en ventas callejeras para el aislamiento y caracterización de *Salmonella spp.* Y se detectó crecimiento microbiano en un total de 18 muestras (42,9%), de las cuales solo dos fueron positivas por serotipificación para *Salmonella* entérica (11.1%) (Méndez et al., 2010). Existen otros estudios que han evaluado la presencia de *Salmonella spp.* en guantes y las manos de los operarios de bovinos y porcinos de una planta de sacrificio, sin encontrar tal presencia (Corrales et al., 2008)

3.2.4. Otras bacterias (*Escherichia coli*)

La *Escherichia coli*, también conocida *E. coli*, es una enterobacteria que puede causar diarreas y se puede adquirir al consumir agua y alimentos que contienen la bacteria (DuPont et al., 1971). Estudios desarrollados en Colombia han encontrado la presencia de la bacteria en niños menores de 5 años de edad admitidos en hospitales infantiles en Bogotá con diarrea infecciosa (Mattar y Vásquez, 1998). Otro estudio encontró entre 139 cepas de *Echeriquia coli* analizadas, que el 20 (14.4%) correspondieron a tipos diarreogénicos de *E. coli*. Los cuales son productores de toxinas conocidas por estar asociadas con patógenos intestinales (Gómez et al., 2010). La infección por *E. coli* se ha asociado a un pobre estatus nutricional (Boeke et al., 2010).

3.2.5. Parásitos (*Cryptosporidium* y *Giardia lamblia*)

Las principales formas de transmisión directa de parásitos de las ETAs son los la vía fecal-oral y el consumo de agua contaminada, y de forma indirecta, el consumo de alimentos regados con agua sin tratar. Los parásitos *Giardia spp.* y *Cryptosporidium spp.* tienen la característica de permanecer en el ambiente por largos periodos de tiempo y son resistentes a

la mayoría de procesos de desinfección química y tratamiento de agua (Nash, 1993). Para contribuir al conocimiento de la criptosporidiosis en la población preescolar, Bayona y cols. obtuvieron 260 muestras de heces de niños menores de cinco años, en la región Sabana Centro (Cundinamarca-Colombia) y encontraron una prevalencia de *Cryptosporidium spp.*, del 7%. En los niños de este estudio no se registró relación con ningún tipo de diarrea, por lo que los autores ubicando la infección, por este parásito como asintomática. Los autores determinaron que el *Cryptosporidium spp.* puede afectar en cualquier momento a los niños menores de cinco años (Bayona et al., 2011). En otro estudio realizado en un Servicio de Urgencias de Pediatría de Arauca, Colombia con 173 niños menores de 13 se encontró una frecuencia de *Cryptosporidium spp.* de 46.8% (Arango et al., 2006).

En cuanto a *Giardia lamblia*, esta se ha asociado con una menor altura por edad (Boeke et al., 2010), el uso comunal de baños y la provisión de agua por ductos municipales (Lora et al., 2002) y se ha mostrado en estudios que afecta principalmente a los niños menores de 5 años. P.ej.: En un hogar infantil en el municipio de Circasia, Quindío, se encontró que de una muestra de 79 niños de entre los 2 y 5 años, el 16.5% de ellos presentaron *Giardia lamblia* (Arias et al., 2010).

3.2.6. Factores de riesgo.

Entre los factores de riesgo de las enfermedades diarreicas más conocidos se encuentran la edad - la mayoría de estos episodios acontecen la población infantil – índices elevados de hacinamiento, malas condiciones higiénico-sanitarias de la vivienda y padres con nivel escolar medio materna, así como niños con bajo peso al nacer (Cáceres et al., 2005). En un estudio en Colombia para determinar los factores de riesgo de la diarrea con deshidratación, se encontró una asociación estadística entre la diarrea con deshidratación y el peso al nacer < 2600 g (RP=7.79; IC95%: 3.47 a 18.01) así como con el tiempo de lactancia materna inferior a 3 meses (RP=3.17; IC95%: 1.66 a 6.13). El riesgo de presentar deshidratación se asoció con las condiciones socioeconómicas desfavorables, los hábitos higiénicos inadecuados de la familia del niño y una menor escolaridad materna (Cáceres et al., 2005). También, en pacientes menores de dos años con diarrea persistente atendidos en servicios de urgencias, se identificaron como posibles factores de riesgo asociados el tener menos de un año de edad así como los niños que vivían en área urbana en estrato socioeconómico uno y presentaban desnutrición. (Gutierrez et al., 2008).

3.2.7. Parásitos intestinales (*Ascaris lumbricoides* y *Trichuris trichiura*)

Los parásitos intestinales se desarrollan cuando encuentran en el huésped las condiciones favorables para su anidamiento, desarrollo y multiplicación. Entre los parásitos intestinales más comunes se encuentran *Ascaris lumbricoides*, y *Trichuris trichiura*, la cuales tienen entre sus principales factores de riesgo el consumo de aguas o alimentos contaminados y a la inadecuada infraestructura higiénico-sanitaria (Medina et al., 2000). También la

desnutrición aguda ha sido frecuente en niños infectados con *T. trichiura* y con varios parásitos ($p < 0,05$) (Alvarado y Vásquez, 2006).

En Colombia la investigación de la parasitosis data de hace varias décadas. De acuerdo a la Investigación Nacional de Morbilidad realizada entre 1965 y 1980, se reportó el comportamiento de los parásitos patógenos de la siguiente manera: *Ascaris lumbricoides*, el cual se encontraba en 1965 en un 54% y disminuyó en 1980 a un 34% y *Trichuris trichiura* que en 1965 se reportó en un 50% y para 1980 disminuyó a un 37%. (Sanchez, 2006). La prevalencia encontrada en estudios

En el país existen diversos estudios que han evaluado la presencia de parásitos en diferentes grupos poblacionales. Por ejemplo en Guapi, Cauca, en 136 muestras en niños de 7 a 18 meses de edad, se encontró que el 26.2% presentaba helmintiasis (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*) y 14.9% tenía protozoos (*Giardia lamblia*), y 11,8% poliparasitismo intestinal. La prevalencia de desnutrición aguda y crónica fue de 2,9% y 12,5%, respectivamente, siendo la desnutrición aguda más frecuente en niños infectados con *T. trichiura* y con varios parásitos ($p < 0,05$). La ausencia de sanitario y una baja escolaridad de la madre se asociaron a una mayor presencia de helmintiasis ($p < 0,05$). (Alvarado y Vásquez, 2006).

Por otro lado, en la costa atlántica de Colombia, se encontró que el 92% de las personas estaban parasitadas con al menos un patógeno. En este estudio se observó una asociación significativa entre sintomatología y presencia de parásitos ($p < 0,05$) no así, entre síntomas y parásitos potencialmente patógenos a excepción de *Trichuris trichura* y dolor abdominal. El análisis estadístico no mostró asociación entre las parasitosis y los niveles educativos o hábitos higiénicos sanitarios (Agudelo et al., 2008). Mientras que en las zonas palúdicas de Antioquia, entre profesores saludables y estudiantes de enfermería entre 18-44 años de edad, se observaron parásitos intestinales en 97% de ellos (Carmona, 2004).

3.2.8. Hepatitis A

La hepatitis A es una enfermedad hepática causada por el virus de la hepatitis A (VHA). Éste enfermedad está asociada a la falta de agua salubre, un saneamiento deficiente y una mala higiene personal (OMS, 2012b). En Colombia, en el 2000 se notificaron 4438 casos de hepatitis A y esta cifra se ha incrementado con los años (Tabla 3.5). En el 2006 se notificaron 4.212 casos de ictericia ligados a infección reciente por hepatitis A, para una incidencia media estimada de entre 8.0 y 11.5 casos por 100.000 habitantes (Alvis et al., 2010).

Durante el 2012, hasta la semana epidemiológica No. 32 se han notificado 3408 casos de hepatitis A, siendo los departamentos con mayor incidencia: Sucre con 448 casos (13.1%), Antioquia con 380 casos (11.1%), meta con 247 casos (7.24%), Bolívar (6.45%) y el departamento del Valle del Cauca (5.07%); estos 5 departamentos reúnen el 42.96% de la notificación total de hepatitis A. Además se registró un caso de mortalidad asociada al virus de

hepatitis A en el departamento de Chocó. La mortalidad nacional por hepatitis A es muy baja, pues se calcula en 0.0021 por 100,000 (López y Espinosa, 2011).

De acuerdo a un estudio de carga de enfermedad por hepatitis A en Colombia, entre 1998 y el año 2004 se estimaron para todo el país 34 muertes anuales (IC del 95%: 23 – 45 muertes) por virus de hepatitis A, entre 25.000 y 70.000 casos de ictericia y 36,148 y 54,730 consultas por hepatitis A en menores de 15 años por año (Alvis et al., 2010).

Tabla 3.5. Casos anuales de Hepatitis A. Colombia 2000 – 2003

| Año | Casos de hepatitis A |
|------|----------------------|
| 2000 | 4,438 |
| 2001 | 6,405 |
| 2002 | 11,236 |
| 2003 | 6,513 |

Nota Fuente: Instituto Nacional de Salud. Colombia, 2004

3.2.9. Tracoma

El tracoma es una enfermedad infecciosa causada por la bacteria *Chlamydia trachomatis* que provoca que alrededor del 3% de la ceguera a nivel mundial y que alrededor de 8 millones de personas queden con discapacidad visual irreversible (OPS, 2012b). La vivienda precaria, la carencia de agua potable y de sistemas adecuados de disposición de excrementos, así como la abundancia de moscas domésticas del género *Hippelates*, constituyen factores de riesgo para la transmisión de esta enfermedad. Son casi nulos los estudios que han examinado esta enfermedad en Colombia, entre los que destacan el realizado por Miller y cols. en 114 personas en San Joaquín y Santa Catalina de las cuales se diagnosticó clínicamente tracoma en 21 (18.4%), siendo 15 de ellas (13.2%) menores de 15 años. En este estudio se detectaron todas las fases de la enfermedad. (Miller et al., 2010).

3.3. Contaminantes en cuencas y vertientes

Durante los últimos años, se han venido desarrollando una serie de estudios que evalúan la calidad microbiológica de las cuencas y sus afluentes en Colombia. Así por ejemplo, en un estudio desarrollado en la **cuenca alta del río Bogotá**, que atraviesa la Sabana de Bogotá y es uno de los más contaminados del país, se encontró que la presencia y concentración de indicadores bacterianos (coliformes fecales), virales (fagos somáticos y específicos) y parasitarios (*Giardia* y *Cryptosporidium*) tanto en aguas superficiales del río

Bogotá como en aguas subterráneas de los acuíferos de Tilatá y Guadalupe tenían concentraciones elevadas en la mayoría de los indicadores evaluados. La concentración de estos indicadores de origen fecal indica el riesgo sanitario al que está expuesta la población por el consumo directo o indirecto del agua. Los resultados encontrados en sistema de tratamiento de aguas potables del municipio de Facatativá muestran que si bien son eficientes para eliminar bacterias no ocurre lo mismo cuando se pretende eliminar virus y que probablemente son resistentes a los sistemas de desinfección por cloro. En cuanto a los sistemas de depuración, muestran una disminución de los indicadores de contaminación fecal que en la mayoría de los casos cumplen con las normas sugeridas por la OMS para el uso de aguas para riego en agricultura (Campos et al., 2008).

De la misma forma, en un estudio en el que se evaluó la calidad microbiológica del agua del municipio de Bojacá situado al occidente de la **sabana de Bogotá** se encontró que la mayoría de las muestras no cumplió con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo que de acuerdo al índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, no son aguas aptas para consumo humano (Estupiñán y Avila, 2010).

Por otro lado en Quibdó, capital del **departamento del Chocó**, se analizaron 60 muestras de agua no tratada y a 20 muestras de agua tratada por el acueducto de la ciudad, de las cuales seis resultaron positivas para rotavirus y dos más para virus de la hepatitis A de origen humano. Éstos aparecieron tanto en aguas tratadas como no tratadas. (Moreno S et al., 2009). En **Bogotá**, específicamente en trece estaciones de muestreo, se encontró que las aguas del **Humedal de Jaboque** contienen un alto número de coliformes totales, por lo tanto, no deben ser usadas para fines de consumo humano y doméstico, agrícola o recreativa; además los recuentos de los indicadores de contaminación fecal mostraron que el agua no es apta para el consumo humano ni para uso recreativo (Ávila de Navia y Estupiñán, 2006).

Esto muestra que a pesar de que en algunas ciudades como Medellín y Bucaramanga se han construido plantas de tratamiento de aguas residuales para disminuir el impacto de la contaminación del agua, este sigue siendo un problema importante que afecta a los recursos hídricos de Colombia y limita su uso para el abastecimiento de agua a la población. Importantes ríos tales como Bogotá, Cali, Combeima, Otún, Pamplonita y Pasto, están altamente contaminados como resultado de las descargas directas de aguas residuales sin tratar, provenientes principalmente de centros industriales (Sánchez et al., 2007). En **la Ciénaga de la Quinta**, que es uno de los cuerpos de agua que conforma el sistema hídrico marino lagunar de **Cartagena**, se encontraron valores elevados de coliformes totales y fecales (considerando los criterios de calidad de agua para fines recreativos) en cuatro estaciones de muestreo (Tirado et al., 2011).

En el Plan de Acción Trienal 2007 – 2009 de la Corporación ambiental en la Reserva de Biosfera Sea Flower ubicada en el Archipiélago de San Andrés, se argumenta que el mar y las aguas subterráneas (por infiltración en el suelo), son los principales receptores de los residuos líquidos, que reciben aguas negras y grises poco tratadas, con alta carga contaminante de origen orgánico. Además, en la **zona rural de la isla de San Andrés** se observó un alto porcentaje de carencia de servicio de alcantarillado sanitario y pocas opciones para el

adecuado manejo de sus aguas residuales, utilizando en San Luis, La Loma, El Cove, South End y otras zonas, letrinas y pozos sépticos, mal diseñados y mal construidos, para la disposición de aguas residuales. De acuerdo a Arboleda Garzón (Arboleda, 2010), el 80% de los habitantes de la isla realiza vertimientos sin tratar, lo cual se convierte en uno de los problemas sanitarios más difíciles de la zona rural de la isla. Otro estudio realizado en la **isla de San Andrés**, mostró que en algunos sitios la concentración de bacterias patogénicas está arriba de los límites impuestos por la ley para el contacto primario y secundario (Gavio et al., 2010).

Estudios que han evaluado la presencia y la concentración de *Giardia spp.* y *Cryptosporidium spp.* tanto en estaciones de muestreo como en potabilizadoras de la **cuenca alta del río Bogotá**, Colombia, han confirmado la presencia de *Cryptosporidium spp.* en dos de las estaciones del río Bogotá y en dos potabilizadoras, y *Giardia spp.* en dos potabilizadoras pero no en el río Bogotá. La viabilidad fue positiva para *Cryptosporidium spp.* en una muestra proveniente del río, y negativa para las muestras de agua potable (Alarcón et al., 2005).

En siete municipios de la región **Caribe Colombiana**, se recolectaron 554 muestras para analizar coliformes totales, *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* en agua destinada para consumo humano. De acuerdo a los resultados de este estudio, el 98.3% de las muestras de aguas, no es apta para consumo humano y actividades domésticas (Franco PA et al., 2012).

En el municipio de San Luis, departamento de **Antioquia**, Colombia, se elaboró un mapa de calidad de agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, mediante el número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales y *E. Coli*, encontrando que las estaciones donde capta el agua para el acueducto municipal de San Luis es de buena calidad pero en las demás estaciones excede los límites de calidad apropiados para producción de agua potable, recreación, uso pecuario y uso agrícola, si no reciben tratamiento intensivo previo. (Arango et al., 2008).

Pese a esto, algunos estudios evidencian un mejoramiento en la calidad del agua. Por ejemplo, en un estudio para evaluar el estado del recurso hídrico de la parte alta de las **cuencas hídricas Juan Cojo y El Salado** (ambas conforman el mayor afluente oriental del **río Medellín**) se distribuyeron treinta estaciones de muestreo y se observó que con la excepción de un punto, en el resto se observaba contaminación microbiológica con coliformes totales y fecales. Sin embargo, con el cálculo del índice de calidad del agua no se detectó un grado de contaminación alarmante (Gómez et al., 2007). También Velásquez y colaboradores determinaron la presencia de coliformes totales y coliformes fecales en las aguas del **Golfo de Urabá, Colombia** (noroccidente de la costa Caribe colombiana) encontrando en la mayoría de las muestras colectadas concentraciones menores o iguales a la norma en los dos indicadores (Gómez FA et al., 2008). Durante un estudio que analizó la calidad del agua en cuatro puntos de la **Ciénaga de la Virgen**, en **Cartagena**, los coliformes totales se mantuvieron en niveles bajos en dos puntos (Maldonado et al., 2011).

Para este diagnóstico se encontraron 18 documentos sobre el tema de cuencas y contaminantes de agua (Tablas 3.6 y 3.7), siendo 16 de ellos artículos científicos (89%) y el restante trabajos de tesis. De igual forma, 16 estudios analizaron ríos localizados en la vertiente del Caribe y solamente dos lo hicieron en la región Insular. Los departamentos en donde se han realizado la mayor cantidad de estudios el de Antioquia con cuatro estudios, seguido por Bolívar con tres estudios, Chocó, Cundinamarca, Magdalena y la isla de San Andrés con dos estudios y Atlántico, Córdoba y Cesar con un estudio (v.gr. algunos estudios incluyen dos o más departamentos, por lo que la suma de los estudios no es igual a 18). La mayor parte de las investigaciones cuantifica la concentración de coliformes totales, fecales y algunos parámetros fisicoquímicos del agua, excepto dos estudios que realizan una descripción de la red y acceso de agua potable y uno estudia la presencia del rotavirus y virus de la hepatitis A. El tipo de recurso hídrico que se analiza en los estudios es variado e incluye aguas residuales, potables, subterráneas, marinas, pozos, ciénagas y tanques de almacenamiento. En general, la mayor parte de los estudios registra altas concentraciones de coliformes totales y fecales y microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Cryptosporidium spp.*, *Giardia spp.*, *Enterococcus* y *Clostridium*. Con relación a la hepatitis A, el 10 % de las muestras (N = 80) fueron positivas a rotavirus y virus de la hepatitis A (Moreno S et al., 2009).

Tabla 3.6. Mediciones de coliformes (totales y fecales) en la región del Caribe Colombiano

| Ciudad | Cuerpo de agua | Coliformes totales | Coliformes fecales |
|---|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Valores de referencia | | *20.000 NMP/100 ml **0 UFC/ 100 ml | *2.000 NMP/100 ml **0 UFC/ 100 ml |
| San Luis (Arango et al., 2008) | Quebradas | 240-11,000,000 NMP | |
| Bogotá (Ávila de Navia y Estupiñán, 2006) | Humedal | 47,660-343, 162 UFC/100 ml | |
| Bogotá (Campos et al., 2008) | Aguas superficiales | 4.22 UFC/100 ml | |
| | Aguas subterráneas | 1.74 UFC/100 ml | |
| | Potabilizadora | 0.81 UFC/100 ml | |
| Bojacá (Estupiñán y Avila de Navia, 2010) | Pozo y nacedero | 0 | |
| | Tanque almacenamiento | 0 | |
| | Grifo | 0 | |
| Girardota (Gómez AM et al., 2007) | Cuencas | En todas* | En todas* |
| Mata de Palma (Avila de Navia y Estupiñán, 2009) | Aguas superficiales | 56,000-3,220,000 UFC/100 ml | |
| Puerto Badel, Buenavista, Bocachica, Carmen de Bolívar, Manatí, San Jacinto, Villanueva (Franco et al., 2012) | Pozo | 1,203-13,062 NMP/100ml | 575-8,146 NMP/100 ml |
| | Tanque almacenamiento | 210 UFC/100 ml | 120 UFC/100 ml |
| | Viviendas | 912 UFC/100 ml | 241 UFC/100 ml |
| Golfo de Urabá (Gómez et al., 2008) | Marino | 0-23,000 NMP/100 ml | 0-9,000 NMP/100 ml |
| Cartagena | Ciénega | 1.8-584,280 NMP/100 ml | |

| Ciudad | Cuerpo de agua | Coliformes totales | Coliformes fecales |
|--|----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Valores de referencia | | *20.000 NMP/100 ml **0 UFC/ 100 ml | *2.000 NMP/100 ml **0 UFC/ 100 ml |
| (Maldonado et al., 2011) | | | |
| Cartagena de Indias (Tirado et al., 2011) | Ciénega | 3.61 NMP/ml | 1,315 NMP/ml |

Nota: Fuente: El autor

*Parámetros establecidos por el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud

**Parámetros establecidos por la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social

***Todos los valores son los mínimos y máximos encontrados en el estudio excepto para (Campos et al., 2008) en donde se presentan promedios.

Tabla 3.7. Mediciones de bacterias en la región del Caribe Colombiano

| Ciudad | Cuerpo de agua | <i>Cryptosporidium</i> spp. | <i>Giardia</i> spp | <i>Escherichia coli</i> |
|---|---------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|
| Valores de referencia | | | | *0 UFC/ 100 ml |
| Villapinzón y Chocotá (Alarcón et al., 2005) | Aguas residuales | 266.6-233.3 ooquistes/L | | |
| | Aguas potables | 13.3 ooquistes/L | 10-13.33 ooquistes/L | |
| San Luis (Arango et al., 2008) | Quebradas | | | 4-11,000,000 NMP |
| Bogotá (Campos et al., 2008) | Aguas superficiales | 0.88 ooquistes/L | 1.33 quistes/L | |
| Bojacá (Estupiñán y Avila de Navia, 2010) | Aguas subterráneas | | | |
| | Potabilizadora | | | |
| Girardota (Gómez et al., 2007) | Pozo y nacedero | | | 0 |
| | Tanque | | | 0 |
| | almacenamiento | | | 0 |
| Mata de Palma (Avila de Navia y Estupiñán, 2009) | Grifo | | | 0 |
| | Cuencas | | | 1- >1,600 NMP |
| | | | | 0-3, 220,000 UFC/100 ml |

Nota: Fuente: El autor.

*Parámetros establecidos por la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social.

Todos los valores son los mínimos y máximos encontrados en el estudio excepto para (Campos et al., 2008) en donde se presentan promedios.

*El estudio no presentó datos

En el Estudio Nacional del Agua 2010 se analizaron varios contaminantes en las distintas cuencas que conforman Colombia. Algunos de los contaminantes que se tomaron en cuenta fueron los siguientes:

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** es la cantidad de oxígeno (expresado en mg/l) que se necesitan los microorganismos presentes en el agua para degradar la materia orgánica. Entre mayor sea la cantidad de materia orgánica en el agua, los microorganismos necesitarán más oxígeno para degradar la misma (Sánchez LE, 2013). Esto puede tener un impacto negativo en algunas especies de interés comercial, ya que se reduce la cantidad de oxígeno disponible en el agua. Además, también puede afectar a la salud humana ya que propicia una mayor cantidad de microorganismos que pueden ser ingeridos por el hombre de manera directa (mediante el consumo de agua contaminada) o indirecta (mediante el consumo de alimentos regados con agua contaminada). En Colombia se estima que la carga total de DBO en el 2008 fue de 729,383 toneladas, siendo el sector doméstico el que tuvo una mayor aportación (65%), seguido por el sector industrial (29%) y el cafetero (6%; Tabla 3.8, IDEAM, 2010).
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** es la cantidad necesaria de oxígeno (medida en mg/l) para poder oxidar la materia orgánica e inorgánica susceptible de oxidación contenida en una muestra. Debido a que involucra materia orgánica e inorgánica, generalmente se obtienen valores mayores que los de la DBO (Sánchez, 2013; Blanco *et al.*, 2013). Durante el año 2008 en Colombia, la DQO en sus afluentes fue de 1,618,204 toneladas y el sector doméstico fue el que mayor aporte tuvo (58% del total), seguido por la industria (8%) y el sector cafetero (3%; Tabla 3.8, IDEAM, 2010).
- **Sólidos suspendidos totales (SST):** son aquellas partículas orgánicas o inorgánicas que pueden separarse del líquido en el que se encuentran diluidos por sedimentación, filtración o centrifugación (Rojas, 2002). Los SST pueden provenir de fuentes naturales (arrastre de suelo debido a la precipitación) o antropogénicas (por erosión de suelos agrícolas, disminución de cobertura vegetal para fines urbanos). Un incremento de los SST puede tener consecuencias negativas en el agua como aumento de la DQO, mayor absorción de nutrientes, contaminantes persistentes, bioacumulables y tóxicos, lo cual puede disminuir la calidad del agua para uso humano. Se estima que en el año 2008 en los ríos de Colombia se vertieron 1,114,829 toneladas, siendo los principales contribuyentes el sector doméstico (89%) y en menor proporción el sector industrial y cafetero (8 y 3%, respectivamente; Tabla 3.8, IDEAM, 2010).
- **Nitrógeno total (NT):** las formas iónicas (reactivas) de nitrógeno inorgánico más comunes en los ecosistemas acuáticos son el amonio (NH_4^+), el nitrito (NO_2^-) y el nitrato (NO_3^-). Estos iones se encuentran de forma natural en el agua debido a la deposición atmosférica, escorrentía superficial y subterránea, disolución de depósitos geológicos ricos en nitrógeno, descomposición biológica de la materia orgánica y la fijación de nitrógeno por ciertos organismos procariontes. De igual forma, las formas iónicas pueden provenir de fuentes antrópicas como de residuos y vertidos de granjas de animales, vertidos industriales y municipales sin un tratamiento adecuado, procesos de escorrentía e infiltración en basureros, campos de cultivo, de praderas y bosques quemados, entre otros. Estos aumentos en el NT en el agua pueden causar

consecuencias negativas en el ecosistema, flora, fauna y en la salud humana (Camargo y Alonso, 2007). La carga vertida de NT para el año 2008 en Colombia fue de 116,720 toneladas (Tabla 3.8, IDEAM, 2010).

- Fósforo: este elemento puede llegar a los cuerpos acuáticos por agua contaminada de la industria y los hogares, estiércol, erosión de suelo, aplicación excesiva de fertilizantes, entre otros. Su aumento puede producir eutrofización (crecimiento masivo de algas las cuales pueden disminuir la cantidad de oxígeno disuelto en el agua) provocando la muerte de los animales que habitan en las aguas (Iidia y Shock, 2009). Para Colombia, en 2008 se estimó una carga total de 29,361 toneladas, siendo el sector industrial el que mayor aportación tuvo (Tabla 3.8, IDEAM, 2010).

Tabla 3.8. Carga de contaminantes (toneladas/año) vertidas a los sistemas hídricos por los distintos sectores en 2008.

| Sector | DBO | DQO | SST | NT | PT |
|-------------------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Cafetero | 41,253 | 53,926 | 33,290 | | |
| Industrial | 213,273 | 625,906 | 84,714 | 19,868 | 2,209 |
| Doméstico | 474,857 | 938,372 | 996,825 | 96,852 | 27,152 |

Nota: Fuente:[IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Estudio Nacional del Agua 2010. Documento final. Bogotá DC: IDEAM;2010a.

*DBO = Demanda Biológica de Oxígeno, DQO = Demanda Química de Oxígeno, SST = Sólidos Suspendidos Totales, NT = Nitrógeno Total, PT = Fósforo Total.

- Cromo: la principal vía de contaminación es por el desecho de aguas residuales provenientes de la industria del cuero y cromado. Este metal pesado disuelto en el agua puede disminuir su cantidad de oxígeno y provocar daños a la salud al ser cancerígeno y generar mutaciones en las células (Sala *et al.*, 1995; Esparza y Gamboa, 2001). El cromo presenta valores por arriba de los 37.3 mg/kg en el río Bogotá debido a que con anterioridad se realizaban actividades de la industria del cuero en Villapinzón y Chocontá (IDEAM, 2010).
- Mercurio: aunque este metal pesado puede provenir de manera natural, la mayor parte proviene de fuentes antrópicas debido a la contaminación de aguas por jales de minería de mercurio, cinabrio, oro, plata menas metálicas sulfurosas, la industria de la pulpa, papel y pintura (Mitra, 1986). Los municipios con mayor utilización de mercurio son Segovia, Remedios, Maceo, Marmato y Tarazá, los cuales representan el 75% de los vertimientos nacionales estimados. Para el caso de Colombia, se encontraron valores alarmantes de mercurio por arriba de 0.17 mg/kg en sitios con actividad industrial y minera, principalmente de extracción de oro (IDEAM, 2010).
- Sedimentos: la gran mayoría de los contaminantes persistente, bioacumulables y tóxicos se depositan en los sedimentos los cuales sirven de alimento para los organismos

acuáticos y así se introducen en la cadena alimenticia afectando a organismos de varios niveles tróficos (FAO, 1997). Se estima que a través de todos los cuerpos acuáticos en Colombia circulan aproximadamente 300 millones de toneladas de sedimentos, siendo el principal contribuyente el río Magdalena con 140 millones de toneladas. En cuanto a áreas hidrográficas, la Magdalena es la que mayor cantidad de sedimentos transporta seguido del Orinoco, Caribe, Amazonas y Pacífico (Tabla 3.9).

Tabla 3.9. Mínimo y máximo del transporte total anual multianual de sedimentos por área geográfica.

| Área hidrográfica | Estaciones | Transporte total anual multianual (Kton/año) | |
|-------------------|------------|--|------------|
| | | Mínimo | Máximo |
| Magdalena | 23 | 116.80 | 133,984.20 |
| Orinoco | 11 | 2,120.65 | 50,643.75 |
| Caribe | 5 | 29.20 | 5,690.35 |
| Amazonas | 4 | 511.00 | 1,963.70 |
| Pacífico | 2 | 2,255.70 | 24,265.20 |

Nota: Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Estudio Nacional del Agua 2010. Documento final. Bogotá DC: IDEAM;2010a.

3.4. Abastecimiento de agua y condiciones de saneamiento en Colombia

Uno de los mayores costos de la degradación ambiental en Colombia está asociada con una morbilidad y mortalidad por enfermedades transmitidas por el agua (Sánchez et al., 2007). Estimaciones realizadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en su Estudio Nacional del Agua 2010 (IDEAM, 2010), dan como resultado que 10 millones de habitantes en Colombia presentan índices altos de escasez de agua lo cual impacta en los hábitos de higiene y estos a su vez en la incidencia de diarreas.

De acuerdo a un metanálisis de alrededor de 60 artículos, las intervenciones de agua, saneamiento e higiene aunado a las mejoras en los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento reducen hasta en un 30 % los casos esperados por enfermedad diarreica (Fewtrell et al., 2005). Sin embargo, en áreas rurales de Colombia un gran porcentaje de la población no tiene carece de servicios de saneamiento y abastecimiento de agua (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Porcentaje de hogares con abastecimiento de agua y saneamiento en Colombia

| Situación en saneamiento y abastecimiento de agua | Urbano | Rural |
|--|---------------|--------------|
| Saneamiento | | |
| Sin instalaciones sanitarias | 1.4 | 28.7 |
| Letrina | 2.4 | 13 |
| Con inodoro | 96.2 | 58.2 |
| Agua | | |
| Abastecimiento de agua por tubería | 98 | 50.3 |
| Agua de pozos | 1.3 | 18.7 |
| Agua superficial | 0 | 24.6 |
| Agua de lluvia | 0.4 | 4.1 |
| Pipa de agua | 0.1 | 1.2 |
| Otro | 0.2 | 1 |

Nota: Fuente: Encuesta de Demografía y Salud 2000.

Estudios puntuales como es el de Arboleda Garzón (2010) han mostrado que en la región insular de Colombia la vigilancia sanitaria y la certificación de la calidad para los sistemas de aguas y saneamiento básico son casi inexistentes, encerrando un peligro para los usuarios; la población servida por sistemas ineficientes es objeto de constantes intervenciones por parte de los servicios de atención médica, en materia de combate a enfermedades diarreicas y otras enfermedades de origen hídrico (Hayes, 2006). Esto refleja la falta de planeación y manejo de proyectos de agua potable y saneamiento a largo plazo, lo cual puede impactar de manera positiva en la morbi/mortalidad de enfermedades diarreicas, principalmente en las poblaciones menores de cinco años (Tabla 3.11).

Tabla 3.11. Beneficios de la intervención alternativa en Colombia.

| | Efectividad | | | |
|---|--|----------------|--|----------------|
| | Mortalidad en menores de cinco años | | Morbilidad en mayores de cinco años | |
| | Escenario bajo | Escenario alto | Escenario bajo | Escenario alto |
| Enfermedades diarreicas | | | | |
| Casos basales anuales (millones de casos por año) | 1,634 | 1,634 | 30 | 30 |
| Casos anuales evitados | | | | |
| Mejoramiento en abastecimiento de agua y saneamiento (áreas rurales) | 65 | 90 | 1.2 | 1.7 |
| Programa de higiene (lavado de manos) | 74 | 147 | 1 | 2 |
| Programa de desinfección de agua para consumo (hervir el agua en hogares) | 28 | 56 | 0.5 | 1 |

| | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|
| Casos totales evitados por año | 167 | 293 | 2.7 | 4.7 |
| Casos totales evitados (% de casos base) | 10 | 18 | 9 | 16 |

Nota: Fuente: Larsen B. Cost of environmental damage: A socio-economic and environmental health risk assessment, Colombia. Final report. Cairo: Ministry of Environment, Housing and Land Development Republic of Colombia;2004.

3.5. Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP)

Recientemente, el Instituto Nacional de Salud publicó el informe "Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia 2007 - 2011" (Instituto Nacional de Salud, 2012), el cual se constituye en la principal fuente de información de la temática en el país. El sistema usa el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA) como medida resumen que brinda información sencilla de interpretar por los tomadores de decisiones, ya que se traduce en el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

Los parámetros incorporados en su construcción se clasifican en características básicas (color aparente, turbiedad, pH, cloro residual libre, olor y sabor) con un aporte del 22.5%; características químicas complementarias (aluminio, alcalinidad total, dureza total, sulfatos, calcio, cloruros, magnesio, fosfatos, manganeso, molibdeno, zinc, hierro total, nitratos, nitritos, fluoruros y carbono orgánico total), que aporta 37.5% del total; características microbiológicas (coliformes totales y *Escherichia coli*) con el restante 40% del puntaje. Los puntajes pueden variar entre cero y 100, siendo este último el de mayor riesgo para la salud (Instituto Nacional de Salud, 2012); en el informe se asume que los valores hasta 5 indican que no hay riesgo, entre 5.1 y 14 riesgo bajo, de 14.1 a 35 riesgo medio, de 35.1 a 80 riesgo alto, y de 80.1 a 100 riesgo muy alto, inviable desde el punto de vista sanitario. Si bien, los resultados detallados se encuentran en la publicación original, los principales hallazgos se resumen a continuación (Resolución 2115 de 2007).

En la figura 3.2 se resumen la situación nacional. Como se puede apreciar, no se reportaron datos para Chocó, aunque la situación se considera crítica en la calidad del agua. De los departamentos que brindaron información, Vichada fue catalogado como el departamento con mayor riesgo (inviable desde el punto de vista sanitario), seguido de Caldas, Guainía, Guaviare, Nariño y Putumayo (riesgo alto).

Figura 3.2. Calidad del agua a nivel Nacional.



Nota: fuente: Tomado de Instituto Nacional de Salud, 2012

La categoría riesgo medio es la que concentra la mayor parte de los departamentos del país; en ella se incluyen Amazonas, Bolívar, Boyacá, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Córdoba, La Guajira, Huila, Magdalena, Meta, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima, Valle del Cauca y Vichada. Los departamentos de Antioquia, Arauca, Atlántico, Cundinamarca, Norte de Santander, San Andrés y Providencia, y el Distrito Capital se consideraron con riesgo bajo. Ningún departamento pudo ser catalogado como sin riesgo.

Si bien esta es una visión global, con IRCAs globales entre 20.83 y 23.86 como valores extremos entre 2007 y 2011, y sin cambios notorios en los parámetros, el informe permite identificar sub-regiones con diferencias importantes del resto del departamento al cual

pertenece. La primera diferencia notoria es que los IRCA son mayores en las zonas rurales, pasando de 41.3 en 2007 a 48.9 en 2011 (siempre en riesgo alto); esta tendencia indica empeoramiento de la calidad del agua potable en estas regiones. Esto contrasta con las zonas urbanas que en 1997 tenía un IRCA de 18.3 y en 2011 llegó a 11.5, lo cual indica que se pasó de un riesgo medio a un riesgo bajo.

Un análisis interesante resulta al ver que del total de la población colombiana, estimada en algo más de 46 millones de habitantes, se considera que 36.45% está sin riesgo, 29.87% con riesgo bajo, 17.27% con riesgo medio, 12.54% en riesgo alto y 0.68% en riesgo muy alto de problemas relacionados con la contaminación del agua usada para consumo humano. Esto al parecer es evidencia de una injusticia ambiental, donde el marcador determinante es el vivir en una región rural, especialmente en la región Pacífica, o en los departamentos de Antioquia, Caldas, César, Guainía, Huila, Putumayo o Vaupés, (Instituto Nacional de Salud, 2012). Una hipótesis que surge es la relación directa entre contaminación hídrica y raza, en este caso afrodescendientes o indígenas, de manera similar a como se ha descrito en otros lugares del mundo (Wing et al, 2000; McKey et al, 2012).

4. CONTAMINACION ATMOSFERICA

Con el descubrimiento del fuego, el hombre dio inicio a la contaminación del aire, tanto en los espacios donde residía, como en aquellos donde se desarrollaban actividades que dieron sustento a la Revolución Industrial. Con el posterior desarrollo de las áreas urbanas, las fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera (por combustión y por proceso industrial), fueron creando escenarios en los cuales la contaminación del aire se visualizó por la presencia de "smog" ("niebla tóxica") en la parte baja de la troposfera; en principio estos eventos fueron exclusivos de países industrializados como Bélgica (Valle de Mesue, 1930), Estados Unidos de América (Donora, Pensilvania, 1948) e Inglaterra (Londres, 1952). Los países en vías de desarrollo, como Colombia, han vivido un crecimiento acelerado de sus principales ciudades, creando grandes ciudades con habitantes en constante exposición a concentraciones de contaminantes del aire, a menudo superiores a los experimentados en los países industrializados en la primera mitad del siglo XX (Magglora y Lopez, 2006).

La mala calidad del aire en América Latina y el Caribe (ALC) es la causa de muertes prematuras, afecta la salud de millones de habitantes y genera la pérdida de millones de dólares en gastos por atención médica (Romieu et al., 2010).

Estimaciones de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) indican que más de 100 millones de personas viven expuestas a concentraciones de contaminantes en el aire, que sobrepasan los niveles máximos permisibles establecidos en las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para América Latina se calcula que cada año mueren alrededor de 35.000 personas por la contaminación del aire intraurbano y 276.000 años de vida se pierden por la misma causa (World Health Organization, 2002).

La causa principal de contaminación del aire urbano en ALC es el uso intensivo de combustibles fósiles en los sectores industriales y de transporte; en general, la calidad de los combustibles ha mejorado poco a poco en la región de las Américas, donde la gasolina sin plomo y el diesel con bajos niveles de azufre se utilizan cada vez más (Romieu et al., 2010). De todos los contaminantes del aire, el material particulado, en especial las partículas finas tienen el mayor efecto en la salud humana; la gran mayoría estas partículas provienen de la quema de combustible, tanto de fuentes móviles como los vehículos y de fuentes fijas o estacionarias como las centrales eléctricas (Ostro, 2004). Las partículas finas se asocian con un amplio espectro de enfermedades agudas y crónicas, tales como cáncer de pulmón y enfermedad cardiopulmonar; a nivel mundial, se estima que causan alrededor del 8% de las muertes por

cáncer de pulmón, el 5% de las muertes por causas cardiopulmonares y un 3% de muertes por infecciones respiratorias. La contaminación del aire por material particulado es un problema de salud ambiental que afecta a personas de todo el mundo, siendo los países de medianos ingresos los que tienen una mayor y desproporcionada carga de enfermedad (WHO, 2009a).

Otros contaminantes derivados de los combustibles fósiles y que se emiten a la atmósfera incluyen al dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO). Los contaminantes secundarios como el ozono y los aerosoles ácidos son también muy comunes en las áreas urbanas (Organización Panamericana de la Salud, 2005b).

La exposición a otros contaminantes del aire puede desencadenar otros tipos de patologías. La exposición a plomo, que se acumula en órganos y tejidos, conlleva a problemas de aprendizaje, daño al sistema nervioso y cáncer; la inhalación de monóxido de carbono interfiere con la entrega de oxígeno, causando mareos, dolor de cabeza, daño neurológico y en el peor de los casos la muerte; el ozono disminuye la función pulmonar, genera irritación de los ojos y bronco-constricción; la exposición a asbesto, mercurio, dioxinas, algunos compuestos orgánicos volátiles (COV) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) pueden causar cáncer, efectos reproductivos, daño neurológico y efectos respiratorios; por último contaminantes biológicos como el polen y mohos generan reacciones alérgicas, asma, fatiga y síntomas respiratorios (Frumkin, 2010). Infortunadamente, como se verá más adelante, es poca la información disponible de estos contaminantes y la evidencia se fundamenta en el monitoreo y mediciones puntuales de material particulado.

4.1. Antecedentes de la calidad del aire y morbilidad en Colombia

En Colombia existe un interés creciente relacionado con la problemática y degradación ambiental que genera la contaminación atmosférica; esta preocupación ha tomado fuerza en los últimos años debido al incremento de los efectos que se han causado a la salud de las personas y al ambiente, más aún cuando es conocido que las pérdidas causadas anualmente en el país por la contaminación local del aire ascienden a 5,700 billones de pesos. Cerca de 5,000 muertes prematuras y casi 65,000 años de vida ajustados según discapacidad (AVAD) son atribuibles a la contaminación del aire en las ciudades Colombianas. Bogotá y el Área Metropolitana del Valle de Aburra (AMVA), representan más del 75 por ciento de la mortalidad atribuible. Cada año, cerca de 4,700 nuevos casos de bronquitis crónica son atribuibles a la contaminación del aire urbano en Colombia. La mortalidad representa cerca de la mitad de la carga de morbilidad atribuible a la contaminación atmosférica y la morbilidad constituye la otra mitad (Golub, 2012).

El documento CONPES 3344 “Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire” (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2005) informa que la contaminación del aire en el país es causada principalmente por el uso de combustibles fósiles, de acuerdo con este informe el 41% del total de las emisiones se generaba en ocho ciudades; las mayores emisiones de material particulado menor a 10 micras

(PM₁₀), NO_x y CO están asociadas a las fuentes móviles, mientras que las de partículas suspendidas totales (PST) y óxidos de azufre (SO_x) están relacionadas con las generadas por las fuentes fijas; el contaminante monitoreado de mayor interés, es el material particulado (PST y PM₁₀), el cual frecuentemente supera los niveles máximos permisibles de la regulación vigente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a).

Durante 2007 se realizó un diagnóstico de ocho redes de calidad del aire ubicadas en los centros urbanos de Bogotá, Sabana de Bogotá, Barranquilla, Cali, Medellín y su área metropolitana, Bucaramanga, Pereira y el corredor industrial del Valle del Sogamoso. El estudio incluyó la caracterización de más de 200 muestras de material particulado recolectadas en estas zonas, encontrando por una parte falencias en la información relacionada con los inventarios de fuentes de emisión y por otro lado, la importancia que tiene el tipo y la calidad de los combustibles utilizados en los centros urbanos, así como el estado de las vías en la generación y resuspensión de material particulado (MAVDT, 2010a).

Teniendo en cuenta esta evidencia y los estudios realizados en otros países, es importante evaluar en el territorio colombiano como la contaminación del aire afecta la salud de la población, ya que las condiciones meteorológicas, topográficas y de ubicación con respecto al eje ecuatorial, suministran escenarios que no se presentan en otras regiones del planeta (ausencia de estaciones o poblaciones localizadas a grandes altitudes), lo que impide que la información de estudios realizados en otros países, pueda ser utilizada o adaptada en nuestro país en su totalidad.

4.2 Calidad del aire en las principales regiones y ciudades del país (2007 - 2010)

De acuerdo con la información presentada por el IDEAM en el Informe “Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007–2010” (2012a), obtenido de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA), el contaminante de mayor preocupación dadas sus altas concentraciones y su comprobada afectación a la salud de la población es el PM₁₀.

De acuerdo con la información de los SVCA, se estableció que la concentración promedio anual de PM₁₀ disminuyó en el año 2010 en relación con el 2007, en el 43% de un total de 14 SVCA analizados, mientras que su tendencia fue al aumento en la concentración promedio en el 57% de ellos (CORPOCESAR, SDA de Bogotá, CAR, CORPONOR, CVC, CORPOBOYACA y CORANTIOQUIA). Durante todo el periodo de estudio las mayores concentraciones se presentaron en las estaciones del SVCA del AMVA en el año 2007 con 67,89 µg/m³, seguido del SVCA de CORPONOR con un valor para el año 2009 de 66 µg/m³. Así mismo, en los SVCA de CORANTIOQUIA y la CAR se presentaron valores de 62 µg/m³ para los años 2008 y 2009 respectivamente.

Finalmente en CORPOBOYACA se superó la norma en el año 2010 con 61 µg/m³ aproximadamente. El segundo contaminante de importancia en Colombia, debido al aumento de las excedencias durante el periodo de estudio es el ozono (O₃). Los SVCA de las ciudades

de Bogotá y Bucaramanga reportaron promedios anuales por debajo de 15 ppb, mientras en las jurisdicciones de AMVA y CORANTIOQUIA las concentraciones aumentaron en algunos años. La mayor concentración se presentó en el SVCA de la CVC para el año 2009, superando 20 ppb (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2012).

Los parámetros de Dióxido de Azufre (SO_2) y Partículas Suspendidas Totales (PST) presentaron concentraciones que disminuyeron a través del tiempo, mientras que las concentraciones de PM_{10} , Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y O_3 no presentaron una tendencia marcada a nivel nacional, sino un comportamiento particular en cada zona donde fueron monitoreados (IDEAM, 2012a). El comportamiento de los diferentes contaminantes del aire, por regiones y ciudades específicas, se presenta más adelante en el numeral 4.5.

4.3. Comparación de la calidad del aire de Colombia con respecto a otros países

4.3.1. Calidad del aire de Colombia comparado con América Latina y el Caribe

En la tabla 4.1 se presentan los valores de concentración promedio anual de PM_{10} , defunciones totales y años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) relacionados con la contaminación del aire extramural en países de América Latina y el Caribe (ALC). Se evidencia que todos los países, excepto Venezuela, exceden el valor guía de la OMS para PM_{10} en su media anual de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Organización Mundial de la Salud, 2004), mientras que países como Uruguay, Paraguay, Argentina, Bolivia, Honduras, Chile, Perú y Guatemala exceden más de tres veces el valor guía definido por la OMS. Comparado con el resto de países, Colombia presenta una menor concentración anual del contaminante; sin embargo aunque su valor es menor a $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2009a), excede el objetivo intermedio tres de la OMS de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS, 2004), el cual al cumplirse reduce el riesgo de mortalidad en un 6% aproximadamente, con respecto al objetivo intermedio dos ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

En cuanto al número de defunciones al año relacionados con la contaminación del aire exterior, Argentina, Brasil y México presentan el mayor número de defunciones, seguido de Perú, Colombia y Chile. Los países con mayores AVAD por año son Uruguay, Argentina, Bolivia, Chile y Perú, los cuales presentan concentraciones promedio anuales que exceden el valor guía de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la OMS y además presentan más de 1.000 defunciones al año relacionadas con la contaminación del aire exterior.

En general, aunque Colombia presenta un valor de AVAD bajo (0.4), las muertes anuales y el promedio anual de PM_{10} que excede el valor guía de la OMS, muestra que la problemática de contaminación del aire exterior es relevante y debe ser abordada, para con ello disminuir la carga de enfermedad relacionada.

Tabla 4.1. Concentración promedio anual de PM_{10} , defunciones (Def.) respiratorias (Resp.) y AVAD, por año en países de América Latina y el Caribe.

| País | Población (Millones) | % de personas que viven en ciudades con más de 100.000 hab. | Media anual de PM ₁₀ (µg/m ³) | Def. Resp./año | AVAD/1.000 hab./año |
|----------------------|----------------------|---|--|----------------|---------------------|
| Uruguay | 3,5 | 44 | 154 | 1.400 | 2 |
| Paraguay | 6,2 | 25 | 103 | 500 | 0.6 |
| Argentina | 38,7 | 74 | 78 | 13.100 | 2 |
| Bolivia | 9,2 | 45 | 72 | 1.000 | 1.2 |
| Honduras | 7,2 | 31 | 69 | 600 | 0.6 |
| Chile | 16,3 | 57 | 62 | 2.400 | 0.8 |
| Perú | 28 | 53 | 62 | 3.200 | 0.8 |
| Guatemala | 12,6 | 23 | 60 | 500 | 0.3 |
| Panamá | 3,2 | 29 | 58 | 200 | 0.4 |
| México | 107 | 56 | 49 | 9.300 | 0.6 |
| El Salvador | 6,9 | 27 | 48 | 300 | 0.3 |
| Jamaica | 2,7 | 27 | 43 | 200 | 0.4 |
| Colombia | 45,6 | 59* | 42 | 5.000* | 0.4 |
| Costa Rica | 4,3 | 46 | 40 | 200 | 0.3 |
| Cuba | 11,3 | 39 | 38 | 1.800 | 0.9 |
| Republica Dominicana | 8,9 | 43 | 36 | 800 | 0.7 |
| Brasil | 186,4 | 45 | 35 | 13.600 | 0.6 |
| Ecuador | 13,2 | 48 | 34 | 500 | 0.3 |
| Trinidad y Tobago | 1,3 | 4 | 22 | < 10 | - |
| Venezuela | 26,7 | 62 | 16 | - | - |

Nota. Fuente: World Health Organization. Country profiles of environmental burden of disease. [On line] Retrieved from: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/en/index.html;2009a

* Valor ajustado para Colombia (World Bank, 2012).

4.3.2. Calidad del aire de Colombia comparado con países de Norte América y Europa

En general se puede observar que comparado con estos países, Colombia presenta la mayor concentración promedio anual de PM₁₀, lo cual se explica por la tecnología y calidad de combustibles utilizados en estos países desarrollados; sin embargo al igual que en ALC, los países europeos y norteamericanos exceden el valor guía promedio anual establecido por la OMS. En cuanto a los AVAD relacionados con la contaminación del aire exterior, Colombia presenta valores similares a muchos países europeos y norteamericanos, sin embargo las defunciones difieren debido a la población que reside en cada país (tabla 4.2).

Tabla 4.2. Concentración promedio anual de PM₁₀, defunciones (Def.) respiratorias (Resp.) y AVAD por año en países de Norte América y Europa.

| País | Población (Millones) | % de personas que viven en ciudades con más de 100.000 hab. | Media anual PM ₁₀ (µg/m ³) | Def. Resp. /año | AVAD/ 1.000 hab./año |
|-----------------|----------------------|---|---|-----------------|----------------------|
| Colombia | 45,6 | 59* | 42 | 5.000* | 0.4 |
| Holanda | 16,3 | 52 | 38 | 3.300 | 1.1 |
| Italia | 58,1 | 27 | 37 | 8.000 | 0.6 |
| Grecia | 11,1 | 46 | 34 | 2.500 | 1.2 |
| España | 43,1 | 42 | 30 | 5.800 | 0.7 |
| Alemania | 82,7 | 32 | 29 | 10.200 | 0.6 |
| Suiza | 7,3 | 42 | 27 | 800 | 0.5 |
| Reino Unido | 59,7 | 53 | 26 | 11.300 | 0.9 |
| Francia | 60,5 | 42 | 25 | 4.900 | 0.4 |
| Federación Rusa | 143,2 | 48 | 25 | 33.300 | 1.8 |
| Estados Unidos | 298 | 72 | 24 | 40.600 | 0.7 |
| Canadá | 32,3 | 79 | 21 | 2.700 | 0.4 |
| Suecia | 9 | 30 | 19 | 500 | 0.2 |

Nota. Fuente: World Health Organization. Country profiles of environmental burden of disease. [On line] Retrieved from: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/en/index.html;2009a

* Valor ajustado para Colombia (World Bank, 2012).

4.3.3. Calidad del aire de Colombia con respecto a países de Asia y África

Con respecto a estos países se observa que al igual que en el resto del mundo, no se cumple el valor guía establecido por la OMS; cabe resaltar que las concentraciones anuales de PM₁₀ en Egipto, Indonesia, India, China y Tailandia exceden más de 3 veces el valor guía de la OMS, situación que se evidencia también en algunos países de ALC. Los AVAD en estos países son similares a los presentes en Colombia, sin embargo se observa que Israel y Singapur presentan valores mayores de AVAD con poblaciones menores a la presente en Colombia, lo que puede estar relacionado con mayores concentraciones anuales de PM₁₀ comparado con el valor de 42 µg/m³ reportado para Colombia (tabla 4.3).

Tabla 4.3. Concentración promedio anual de PM₁₀, defunciones (Def.) respiratorias (Resp.) y AVAD por año en países de Asia y África.

| País | Población (Millones) | % de personas que viven en ciudades con más de 100.000 hab. | Media anual PM ₁₀ (µg/m ³) | Def. resp. /año | AVAD/ 1.000 hab./año |
|--------------------|----------------------|---|---|-----------------|----------------------|
| Egipto | 74 | 32 | 136 | 15.500 | 2 |
| Indonesia | 222,8 | 22 | 114 | 32.300 | 1.3 |
| India | 1103 | 19 | 84 | 119.900 | 1.0 |
| China | 1315,8 | 37 | 80 | 299.400 | 1.5 |
| Tailandia | 64,2 | 16 | 77 | 4.000 | 0.5 |
| Turquía | 73,2 | 61 | 56 | 20.100 | 2 |
| Israel | 6,7 | 80 | 53 | 1.400 | 1.1 |
| Cambodia | 14 | 8 | 51 | 300 | 0.3 |
| Singapur | 4,3 | 79 | 48 | 1.100 | 1.6 |
| Republica de Corea | 47,8 | 74 | 43 | 7.100 | 0.9 |
| Colombia | 45,6 | 59* | 42 | 5.000* | 0.4 |
| Filipinas | 83 | 41 | 34 | 4.500 | 0.5 |
| Japón | 128,1 | 64 | 33 | 24.700 | 0.9 |
| Malasia | 25,3 | 28 | 28 | 600 | 0.2 |

Nota. Fuente: World Health Organization. Country profiles of environmental burden of disease. [On line] Retrieved from: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/en/index.html;2009a

* Valor ajustado para Colombia (World Bank, 2012).

Se observa que aunque Colombia no presenta una concentración promedio anual de PM₁₀ que exceda más de tres veces el valor guía recomendado por la OMS (20 µg/m³) comparado con otros países, si existe un alto número de defunciones que se relacionan con la calidad del aire, razón por la cual la carga de enfermedad asociada a este recurso es de vital importancia para ser abordada dentro de las política de salud ambiental que se desarrolla en el país.

4.3.4. Comparación de la calidad del aire en las tres ciudades más importantes de Colombia con respecto a otras ciudades y megaciudades del mundo

4.3.4.1. Calidad del aire de ciudades Colombianas con respecto a metrópolis de ALC

En la tabla 4.4 se presentan los valores de concentración promedio anual de PM₁₀ extramural en ciudades de ALC. Es importante resaltar que ALC cuenta con cuatro megaciudades (Buenos Aires, Rio de Janeiro, Sao Paulo y Ciudad de México), que albergan más de 10 millones de habitantes cada una y registran concentraciones anuales de PM₁₀ que

exceden el valor guía de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS, 2005). En general ninguna de las ciudades de ALC que cuentan con SVCA reportan valores por debajo de los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, donde las ciudades colombianas exceden más de dos veces el valor guía de la OMS. Un estudio de indicadores ambientales de ciudades latinoamericanas (Bell et al., 2011) evidenció que Bogotá es la séptima ciudad con mayores concentraciones promedio anual de PM_{10} anual, estando por encima de Ciudad de México, Santiago de Chile y Buenos Aires.

Tabla 4.4. Concentración promedio anual de PM_{10} en ciudades de ALC

| País | Ciudad | Media Anual PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Población (Millones) |
|-----------------|--|---|----------------------|
| Bolivia | Santa Cruz de la Sierra | 83 | 1,756 |
| Bolivia | Cochabamba | 80 | 0,608 |
| Perú | Lima | 78 | 9,130 |
| México | Zona Metropolitana de Monterrey | 76 | 3,725 |
| Chile | Santiago | 71 | 6,034 |
| México | Zona Metropolitana de Juárez | 70 | 1,394 |
| México | Zona Metropolitana del Valle de Toluca | 66 | 1,582 |
| Brasil | Región Metropolitana Rio Janeiro | 64 | 10,185 |
| Nicaragua | Managua | 61 | 0,944 |
| México | Tijuana | 57 | 1,664 |
| México | Puebla | 57 | 2,045 |
| Colombia | Bogotá | 53* | 8,744 |
| México | León | 52 | 1,571 |
| México | Zona Metropolitana del Valle de México | 52 | 20,446 |
| Colombia | Medellín | 49** | 3,557 |
| El Salvador | San Salvador | 48 | 1,605 |
| Venezuela | Maracaibo | 44 | 2,500 |
| México | Zona Metropolitana de Guadalajara | 42 | 4,170 |
| Uruguay | Montevideo | 39 | 1,672 |
| Brasil | Región Metropolitana Sao Paulo | 38 | 19,505 |
| Argentina | Buenos Aires | 38 | 13,528 |
| Colombia | Cali | 34*** | 2,940 |
| Venezuela | Caracas | 37 | 3,242 |
| Ecuador | Quito | 34 | 1,622 |
| Brasil | Región Metropolitana Curitiba | 29 | 2,995 |
| Panamá | Panamá | 29 | 1,426 |
| Costa Rica | San José | 28 | 1,515 |
| Brasil | Belo Horizonte | 20 | 2,350 |

Nota. Fuente: [WHO] World Health Organization. Database: outdoor air pollution in cities. [On line] Retrieved from: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/; 2012a.

* Promedio anual año 2011 (SDA); ** Promedio anual 2011 (AMVA); *** Promedio anual 2012 (DAGMA)

4.3.4.2. Calidad del aire en ciudades Colombianas con respecto a metrópolis de Norte América y Europa

En Norte América y Europa encontramos cinco megaciudades (París, Moscú, Londres, Los Ángeles y Nueva York) con más de 10 millones de habitantes cada una, en donde las concentraciones anuales de PM₁₀ presentan menores valores que las registradas en las ciudades colombianas. Esta situación se apoya en los combustibles y tecnologías utilizados en países desarrollados, que brindan condiciones para una menor emisión de contaminantes atmosféricos (tabla 4.5).

Tabla 4.5. Concentración promedio anual de PM₁₀ en ciudades de Norte América y Europa

| País | Ciudad | Media Anual PM ₁₀ (µg/m ³) | Población (Millones) |
|-----------------|-----------------|---|----------------------|
| Colombia | Bogotá | 53* | 8,744 |
| Colombia | Medellín | 49** | 3,557 |
| España | Sevilla | 45 | 2,000 |
| Italia | Nápoles | 44 | 3,020 |
| Grecia | Atenas | 41 | 3,414 |
| Uruguay | Montevideo | 39 | 1,672 |
| Francia | Paris | 38 | 10,400 |
| Italia | Roma | 35 | 3,298 |
| Colombia | Cali | 34*** | 2,940 |
| Canadá | Montreal | 34 | 3,385 |
| Francia | Lyon | 33 | 1,468 |
| Federación Rusa | Moscú | 33 | 11,621 |
| Portugal | Lisboa | 30 | 2,375 |
| Reino Unido | Londres | 29 | 9,050 |
| Alemania | Berlín | 26 | 3,462 |
| España | Madrid | 26 | 6,574 |
| Estados Unidos | San Diego | 25 | 2,950 |
| Estados Unidos | Los Ángeles | 25 | 14,940 |
| Holanda | Ámsterdam | 24 | 1,056 |
| Estados Unidos | New York | 21 | 22,000 |
| Canadá | Ottawa | 16 | 1,208 |

Nota. Fuente: [WHO] World Health Organization. Database: outdoor air pollution in cities. [On line] Retrieved from: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/ ;2012a.

* Promedio anual año 2011 (SDA); ** Promedio anual 2011 (AMVA); *** Promedio anual 2012 (DAGMA)

4.3.4.3. Calidad del aire en ciudades Colombianas con respecto a metropolis de Asia y África

Asia y África albergan doce megaciudades, donde la ciudad más grande del mundo se ubica en Japón (Tokio) con una concentración anual de PM₁₀ de 23 µg/m³, cercana al valor guía de la OMS; sin embargo en estas ciudades se registran concentraciones que exceden más de cuatro veces el valor guía de la OMS y que a su vez alojan poblaciones de más de un millón de habitantes. Al comparar las ciudades colombianas con estas metrópolis, se establece que nuestras ciudades cuentan con mejores estándares de calidad del aire, sin embargo los valores registrados a nivel nacional deben tender con el tiempo a los niveles registrados en las urbes europeas y norteamericanas (tabla 4.6).

Tabla 4.6. Concentración promedio anual de PM₁₀ en ciudades de África y Asia

| País | Ciudad | Media Anual PM₁₀ (µg/m³) | Población (Millones) |
|--------------------|-----------------|---|-----------------------------|
| Pakistán | Lahore | 200 | 7,005 |
| India | Delhi | 198 | 22,160 |
| Pakistán | Karachi | 193 | 13,050 |
| Arabia Saudita | Riyadh | 157 | 5,451 |
| India | Calcuta | 148 | 15,550 |
| Senegal | Dakar | 145 | 3,035 |
| Egipto | El Cairo | 138 | 15,500 |
| Bangladesh | Dhaka | 134 | 14,650 |
| India | Mumbai | 132 | 20,040 |
| Nigeria | Lagos | 122 | 9,185 |
| China | Beijing | 121 | 12,390 |
| China | Xi'an | 113 | 3,965 |
| Irán | Tehran | 96 | 7,304 |
| India | Bhopal | 93 | 1,843 |
| China | Shanghái | 81 | 16,580 |
| República de Corea | Seúl | 64 | 9,770 |
| Israel | Tel Aviv | 60 | 2,655 |
| Turquía | Estambul | 59 | 11,330 |
| Tailandia | Bangkok | 54 | 8,426 |
| Colombia | Bogotá | 53* | 8,744 |
| China | Hong Kong | 50 | 7,000 |
| Colombia | Medellín | 49** | 3,557 |
| Malaysia | Kuala Lumpur | 49 | 1,556 |
| Filipinas | Metro Manila | 47 | 11,630 |
| Colombia | Cali | 34*** | 2,940 |
| Sur África | Durban | 33 | 3,195 |

| | | | |
|----------|----------|----|--------|
| Singapur | Singapur | 29 | 5,188 |
| Japón | Osaka | 27 | 11,340 |
| Japón | Tokio | 23 | 36,670 |

Nota. Fuente: [WHO] World Health Organization. Database: outdoor air pollution in cities. [On line] Retrieved from: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/ ;2012a.

* Promedio anual año 2011 (SDA)

** Promedio anual 2011 (AMVA)

*** Promedio anual 2012 (DAGMA)

Después de analizar la información se concluye que las tres principales ciudades de Colombia aunque exceden el valor guía recomendado por la OMS ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), presentan mejores condiciones de calidad del aire comparada con otras ciudades ubicadas en ALC, Asia y África. Sin embargo la política de prevención y control de la contaminación del aire debe tender a la disminución de las concentraciones de PM_{10} y otros contaminantes, con el fin de alcanzar los estándares fijados por la normatividad colombiana (MAVDT, 2010b) que conlleven a mejores condiciones de salud para la población que reside en estas ciudades.

4.4. Contaminación del aire intramuros por combustibles sólidos y otras sustancias

En las dos últimas décadas, los peligros asociados a la contaminación del aire en interiores, particularmente aquellos asociados con el uso de combustibles sólidos en los países en desarrollo, han sido documentados ampliamente en la literatura (Bruce et al., 2000). Más de la mitad de la población mundial aun cocina con leña, estiércol, carbón o residuos agrícolas en estufas simples o fogones abiertos, especialmente bajo condiciones de limitada ventilación; el uso de combustible sólidos conlleva a grandes exposiciones al humo en interiores, asociados con riesgos en la salud, especialmente para mujeres y niños.

El humo derivado de los combustibles sólidos contiene una amplia gama de sustancias potencialmente nocivas, desde material particulado respirable, monóxido de carbono, hidrocarburos aromáticos policíclicos como el benzo-a-pireno y compuestos orgánicos volátiles como el formaldehído y el benceno (Smith, 1987). Estas emisiones son causantes de cerca del 21% de las muertes por infecciones respiratorias bajas en todo el mundo, el 35% de las muertes por enfermedad obstructiva crónica y casi un 3% de las muertes por cáncer de pulmón, de estas muertes, el 64% se producen en países de bajos ingresos, especialmente en el sudeste de Asia y África, mientras otro 28% se producen en China (WHO, 2009a). Las infecciones respiratorias agudas (IRA) en niños, son la causa principal de morbilidad en el mundo.

En África, diferentes investigadores han encontrado asociación entre la IRA y el uso en interiores de combustibles sólidos para cocinar; en Nigeria se estimó un Odds Ratio (OR) de 4.8 (IC95%:1.7-13.6) (Kossove, 1982), en Gambia se calculó un OR de 2.5 (IC95%:1.0-6.6) (O'Dempsey, 1996). En Asia también se han estimado asociaciones que van desde un OR de 1.2 (IC95%:0.7-2.3), en la India (Shah N, 1994), hasta un OR de 2.3 (IC95%:1.8-2.9), en Nepal

(Pandey, 1989). En cuanto a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), estudios realizados en América Latina, Sudáfrica y Arabia Saudita han demostrado que la EPOC está estrechamente asociada con el uso de combustibles sólidos en mujeres no fumadoras con OR de 2.5 (IC95%:1.3-5.0) en Bolivia (Albalak, 1999), OR de 3.9 (IC95%:1.7-9.1) en Colombia (Dennis et al., 1996), OR de 14.4 (IC95%:5.5-37.5) en Arabia Saudita (Døssing, 1994) y OR de 7.9 (IC95%:2.8-21.8) en la India (Gupta, 1997). Finalmente, estudios realizados en China han demostrado que el cáncer de pulmón está estadísticamente asociado con el uso de carbón para la cocina y la calefacción y no con los combustibles de biomasa, con OR de 4.7 (IC95%:1.28-17.18) (Dai et al., 1996) y 1.3 (IC95%:1.0-1.7) (Wu et al., 1990).

Se dispone de poca información sobre las tasas de ventilación de los diferentes tipos de viviendas que hay en los países en desarrollo o en transición. Dado que en la mitad de las viviendas del mundo se usan combustibles sólidos diariamente y las actividades como la cocina generan la mayoría de las emisiones en interiores, hay una confluencia de emisiones, personas y tiempo en lugares que pueden tener poca ventilación. Por consiguiente, existen altos niveles de exposición en interiores a emisiones provenientes de combustibles sólidos (Smith, 1993).

Otras fuentes de exposición en interiores se relacionan con actividades económicas que se llevan a cabo dentro de la vivienda, vías de alto flujo vehicular o vías en mal estado anexas a la vivienda, humo de tabaco y el uso de sustancias químicas en el hogar; algunas de las sustancias a las que se encuentra expuesta la población incluyen el radón (desde el suelo debajo de los edificios), humo de incienso, pesticidas, los productos naturales de la combustión de gas y compuestos orgánicos volátiles (Samet, 1987; OMS, 2004); contaminantes del aire en interiores derivados de procesos artesanales de extracción de oro y recuperación de plomo en baterías, son algunos ejemplos que evidencian esta problemática en países latinoamericanos (Hurtado, 2008; Cordy, 2011). Además pueden encontrarse contaminantes biológicos tales como la polen, esporas, bacterias y polvo, que pueden ser de origen orgánico o inorgánico y también puede ser generados dentro de la vivienda (OMS, 2004).

4.4.1 Comparación de la calidad del aire en interiores en Colombia con respecto a otros países

4.4.1.1. Calidad del aire en interiores en Colombia con respecto a países de América Latina y el Caribe (ALC)

En cuanto a la calidad del aire en interiores se observa que Colombia, según información de la OMS, presenta un 20% de hogares unifamiliares expuestos a contaminación del aire intramural, valor bajo comparado con gran parte de centro América y algunos países suramericanos. Según información obtenida de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida realizada en 2011 (DANE, 2011), el 23% de la población utiliza leña como combustible para cocinar, 1% utiliza carbón mineral, 41% gas propano, 31% gas natural conectado a la red pública y 4% electricidad, lo cual muestra una exposición a diferentes tipos de sustancias contaminantes del aire. Al clasificar por estrato socioeconómico (ESE), se observa que en los

ESE bajo a desconocido (recibos sin estrato, servicio pirata, no se conoce el estrato o no cuenta con recibo de pago de la categoría original) predomina el uso de gas propano para la preparación de los alimentos, mientras en los estratos Medio-bajo a alto predomina el Gas natural conectado a red pública. En el ESE desconocido, en al menos la mitad de los hogares encuestados se usa leña, madera o carbón de leña. Por otra parte, la eliminación de basuras mediante quema se realiza en el 20% de los hogares encuestados y el acceso a las viviendas por calles sin pavimentar, caminos o senderos predomina en el ESE bajo-bajo a desconocido; todas estas fuentes aportan contaminantes del aire que trascienden a ambientes intramuros, que sumado a factores sanitarios y nutricionales, hacen más susceptibles a las poblaciones de menores recursos económicos, las cuales reciben mayores efectos en salud.

Para 2009, el costo medio anual estimado de los impactos en la salud por la contaminación del aire asociada con el uso de combustibles tradicionales (principalmente leña) en las zonas rurales de Colombia fue de 1,129 billones de pesos. La mortalidad de los menores de cinco años y las mujeres mayores de 30 años, representó el 6% y 78% del costo total, respectivamente. La Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA) en niños y la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) en mujeres adultas, representan el 16% del costo total. Cada año en Colombia, alrededor de 1,000 muertes prematuras y casi 12,000 AVAD son atribuibles a la contaminación del aire causada por el uso de combustibles sólidos. Esta carga de la enfermedad está casi totalmente restringida a las zonas rurales, donde casi el 50% de la población utiliza combustibles sólidos para las tareas del hogar (World Bank, 2012).

El número de defunciones al año en Colombia, relacionadas con la contaminación del aire intramural, es uno de los más altos de ALC, mientras que los AVAD son similares a los registrados en países de mayor población y desarrollados, tales como Brasil y México. La prevalencia de consumo de productos de tabaco fumado entre adultos mayores de 15 años es mayor en los países suramericanos comparado con lo registrado en países centroamericanos; Colombia no reportó datos en este aspecto, sin embargo la prevalencia de consumo actual de tabaco entre adolescentes entre 13 y 15 años es del 27% en hombres y 28% en mujeres (OMS, 2012), valor similar al registrado en los países con alta prevalencia de consumo de productos del tabaco en mayores de 15 años. En general dentro de ALC, Bolivia presenta valores altos en todas las variables analizadas, lo cual es relevante teniendo en cuenta que no es uno de los países de mayor población, pero si en donde el uso de biomasa y donde costumbres ancestrales contribuyen a los valores registrados (tabla 4.7).

Tabla 4.7. Porcentaje de hogares expuestos a contaminación del aire intramural, defunciones (Def.) respiratorias (Resp), AVAD y Prevalencia de consumo de tabaco entre adultos mayores de 15 años en países de ALC.

| País | Población Millones | % de Hogares unifamiliares expuestos contaminación aire intramural | Def aResp. del/año | AVAD/ 1.000 hab./año | Prevalencia de consumo de cualquier producto de tabaco fumado entre adultos de 15 o más años (%) | |
|-------------------------|-----------------------|--|--------------------------|----------------------------|--|---------|
| | | | | | Hombres | Mujeres |
| Guatemala | 12,6 | 62 | 1.400 | 4 | 22 | 4 |
| Honduras | 7,2 | 57 | 800 | 4 | - | 3 |
| Paraguay | 6,2 | 53 | 300 | 1.4 | 30 | 14 |
| Jamaica | 2,7 | 45 | 500 | 2.3 | - | - |
| Bolivia | 9,2 | 34 | 1.500 | 5 | 42 | 18 |
| Perú | 28 | 33 | 1.000 | 1 | - | 9 |
| El Salvador | 6,9 | 33 | 300 | 1.4 | - | - |
| Panamá | 3,2 | 33 | 200 | 1.2 | 17 | 4 |
| Costa Rica | 4,3 | 23 | 200 | 0.4 | 24 | 8 |
| Cuba | 11,3 | 21 | 600 | 0.9 | - | - |
| Colombia | 45,6 | 20 | 2.400 | 0.9 | - | - |
| Republica Dominicana | 8,9 | 15 | 300 | 0.9 | 17 | 13 |
| México | 107 | 14 | 4.300 | 0.7 | 24 | 8 |
| Brasil | 186,4 | 13 | 10.700 | 1.4 | 22 | 13 |
| Trinidad y Tobago | 1,3 | 8 | | 0.1 | 27 | 11 |
| Venezuela | 26,7 | 5 | 200 | 0.2 | - | - |
| Argentina | 38,7 | < 5 | - | - | 32 | 22 |
| Chile | 16,3 | < 5 | - | - | 38 | 33 |
| Ecuador | 13,2 | < 5 | < 100 | 0.1 | - | - |
| Uruguay | 3,5 | < 5 | - | - | 31 | 22 |

Nota. Fuente: [WHO] World Health Organization. Database: outdoor air pollution in cities. [On line] Retrieved from: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/ ;2012a.

4.4.1.2. Calidad del aire intramural en Colombia con respecto a países en Norte América y Europa

Debido a su nivel de desarrollo, los países europeos y norteamericanos exhiben porcentajes de hogares unifamiliares expuestos a contaminación del aire intramural muy bajos (< 5%), lo cual se refleja en las defunciones y AVAD al año registradas; sin embargo la prevalencia de consumo de cualquier producto de tabaco fumado entre adultos de 15 o más años es mayor que lo observado en ALC, lo cual permite establecer que la problemática de

contaminación del aire en estas zonas radica básicamente en el consumo de productos de tabaco; además de este aspecto, en Colombia, el uso de biomasa como combustible para la cocción de alimentos, la humedad y pisos en tierra presente en las viviendas, al igual que la convivencia con mascotas y otros animales, son fuente generadoras de emisiones de contaminantes intramurales del aire (tabla 4.8).

Tabla 4.8. Porcentaje de hogares expuestos a contaminación del aire intramural, defunciones (Def.) respiratorias (Resp), AVAD y Prevalencia de consumo de tabaco entre adultos mayores de 15 años en Europeos y Norte Americanos.

| País | Población Millones | % de Hogares | | | Prevalencia de consumo de cualquier producto de tabaco fumado entre adultos de 15 o más años (%) | |
|-----------------|--------------------|---|---------------------|----------------------|--|---------|
| | | unifamiliares expuestos a contaminación del aire intramural | Def. aResp. del/año | AVAD/ 1.000 hab./año | Hombres | Mujeres |
| Colombia | 45,6 | 20 | 2.400 | 0.9 | - | - |
| Federación Rusa | 143,2 | 9 | 600 | 0.1 | 59 | 24 |
| Canadá | 32,3 | < 5 | - | - | 24 | 17 |
| Estados Unidos | 298 | < 5 | - | - | 33 | 25 |
| Francia | 60,5 | < 5 | - | - | 36 | 27 |
| Alemania | 82,7 | < 5 | - | - | 33 | 25 |
| Grecia | 11,1 | < 5 | - | - | 63 | 41 |
| Italia | 58,1 | < 5 | - | - | 33 | 19 |
| Holanda | 16,3 | < 5 | - | - | 31 | 26 |
| España | 43,1 | < 5 | - | 0.1 | 36 | 27 |
| Suecia | 9 | < 5 | - | - | - | - |
| Suiza | 7,3 | < 5 | - | - | 31 | 21 |
| Reino Unido | 59,7 | < 5 | - | - | 25 | 23 |

Nota. Fuente: [WHO] World Health Organization. Database: outdoor air pollution in cities. [On line] Retrieved from: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/ ;2012a.

4.4.1.3. Calidad del aire intramural en Colombia con respecto a países en Asia y África

El porcentaje de hogares unifamiliares expuestos a contaminación del aire intramural en Asia es mayor al registrado en ALC, lo cual se ratifica en el número de defunciones y AVAD al año en estos países, confirmando lo establecido en la literatura (OMS, 2004). La prevalencia de consumo de cualquier producto de tabaco fumado entre adultos de 15 o más años en Asia es similar a la encontrada en países europeos y norteamericanos. Al comparar los valores registrados en Colombia con estos países, se establece que a pesar de contar con una población menor y bajo porcentaje de hogares expuestos a contaminación del aire intramural, las defunciones y AVAD son relevantes en comparación con el continente asiático y deben ser

abordadas con estrategias que minimicen los efectos de la exposición en la salud de la población.

Tabla 4.9. Porcentaje de hogares expuestos a contaminación del aire intramural, defunciones (Def.) respiratorias (Resp), AVAD y Prevalencia de consumo de tabaco entre adultos mayores de 15 años en países de Asia y África.

| País | Población Millones | % de Hogares unifamiliares expuestos a contaminación del aire intramural | Def. Resp. /año | AVAD/ 1.000 hab./año | Prevalencia de consumo de cualquier producto de tabaco fumado entre adultos de 15 o más años (%) | |
|--------------------|-----------------------|--|-----------------------|----------------------------|--|---------|
| | | | | | Hombres | Mujeres |
| Cambodia | 14 | > 95 | 6.600 | 16 | 42 | 3 |
| Bangladesh | 141,8 | 89 | 49.400 | 8 | 9 | 5 |
| India | 1103 | 82 | 488.200 | 8 | 26 | 4 |
| China | 1315,8 | 80 | 548.900 | 3.2 | 51 | 2 |
| Indonesia | 222,8 | 72 | 45.300 | 4 | 61 | 5 |
| Tailandia | 64,2 | 72 | 10.500 | 1.9 | 45 | 3 |
| Filipinas | 83 | 45 | 7.200 | 2 | 28 | 22 |
| Colombia | 45,6 | 20 | 2.400 | 0.9 | - | - |
| Turquía | 73,2 | 11 | 3.400 | 0.7 | 47 | 15 |
| Republica de Corea | 47,8 | < 5 | - | - | 49 | 7 |
| Egipto | 74 | < 5 | 600 | 0.2 | 40 | - |
| Israel | 6,7 | < 5 | - | - | 29 | 13 |
| Japón | 128,1 | < 5 | - | - | 42 | 12 |
| Malasia | 25,3 | < 5 | < 100 | - | 50 | 2 |
| Singapur | 4,3 | < 5 | - | - | 35 | 6 |

Nota. Fuente: [WHO] World Health Organization. Database: outdoor air pollution in cities. [On line] Retrieved from: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/; 2012a.

Se puede concluir que en Colombia la contaminación del aire intramuros aunque no presenta los mayores porcentajes de exposición comparado con otros países, si exhibe un impacto en las defunciones y AVAD, con valores relevantes al ser comparados con otros países de mayor población; de otra manera la prevalencia en el consumo de productos de tabaco fumados, es otra rama que alimenta las defunciones y AVAD, razón por la cual los programas ejecutados por las entidades de salud y ambiente, deben encaminarse a la promoción y prevención de ambientes libres de contaminantes del aire intramural, que se apoyen en políticas publicas, dando soporte a estas acciones.

4.5. Investigaciones relacionadas con contaminación del aire y salud en Colombia

Los registros de mortalidad del DANE (2011) permiten tener una panorámica de los diagnósticos potencialmente asociados con la contaminación atmosférica; en las siguientes tablas se presentarán algunas de estas casuísticas.

Tabla 4.10. Casos de muerte por enfermedades respiratorias potencialmente relacionadas con la contaminación del aire (2010-2011).

| Departamento | Cáncer de tráquea, bronquios o pulmón | Cáncer de otros sitios | Neumonía | Crónicas de las vías respiratorias | Pulmonares por agentes externos |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Amazonas | 3 | 0 | 12 | 3 | 0 |
| Antioquia | 996 | 15 | 1.008 | 1.997 | 59 |
| Arauca | 18 | 1 | 31 | 43 | 4 |
| Atlántico | 183 | 3 | 393 | 355 | 8 |
| Bogotá | 491 | 28 | 944 | 1.831 | 107 |
| Bolívar | 134 | 6 | 256 | 226 | 22 |
| Boyacá | 69 | 5 | 192 | 529 | 21 |
| Caldas | 145 | 7 | 164 | 372 | 12 |
| Caquetá | 36 | 1 | 46 | 83 | 1 |
| Casanare | 7 | 2 | 22 | 47 | 1 |
| Cauca | 54 | 1 | 124 | 150 | 12 |
| Cesar | 83 | 3 | 109 | 206 | 5 |
| Chocó | 20 | 0 | 38 | 37 | 1 |
| Córdoba | 74 | 4 | 131 | 203 | 3 |
| Cundinamarca | 124 | 14 | 380 | 779 | 45 |
| Guainía | 1 | 0 | 7 | 5 | 0 |
| Guaviare | 5 | 0 | 5 | 11 | 1 |
| Huila | 58 | 5 | 136 | 280 | 15 |
| La Guajira | 24 | 1 | 66 | 48 | 2 |
| Magdalena | 104 | 1 | 139 | 196 | 3 |
| Meta | 69 | 4 | 109 | 202 | 16 |
| Nariño | 69 | 4 | 172 | 314 | 12 |
| Norte de Santander | 127 | 2 | 196 | 341 | 14 |
| Putumayo | 11 | 0 | 40 | 44 | 1 |
| Quindío | 86 | 1 | 127 | 292 | 4 |
| Risaralda | 130 | 5 | 160 | 375 | 8 |

| | | | | | |
|--------------------------|-----|----|-----|-------|----|
| San Andrés y Providencia | 4 | 0 | 5 | 12 | 0 |
| Santander | 184 | 12 | 339 | 519 | 33 |
| Sucre | 50 | 1 | 80 | 141 | 3 |
| Tolima | 123 | 5 | 232 | 445 | 25 |
| Valle del Cauca | 486 | 13 | 740 | 1.061 | 72 |
| Vaupés | 1 | 0 | 5 | 3 | 0 |
| Vichada | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 |

Nota. Fuente: [DANE] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas en Colombia. Encuesta Nacional de Calidad de Vida. Encuesta Nacional. Bogotá DC: DANE;2011.

Tabla 4.11. Casos de muerte por enfermedades cardiovasculares potencialmente relacionadas con la contaminación del aire (2010-2011).

| Departamento | Enfermedades isquémicas del corazón | | | Enfermedades cerebrovasculares | | |
|--------------------|-------------------------------------|---------|---------|--------------------------------|---------|---------|
| | Total | Hombres | Mujeres | Total | Hombres | Mujeres |
| Amazonas | 9 | 7 | 2 | 9 | 5 | 4 |
| Antioquia | 4.412 | 2.383 | 2.029 | 1.711 | 752 | 959 |
| Arauca | 114 | 73 | 41 | 72 | 32 | 40 |
| Atlántico | 1.301 | 703 | 598 | 636 | 303 | 333 |
| Bogotá | 3.811 | 2.065 | 1.746 | 1.916 | 782 | 1.134 |
| Bolívar | 701 | 395 | 306 | 465 | 217 | 248 |
| Boyacá | 945 | 519 | 426 | 507 | 255 | 252 |
| Caldas | 1.140 | 644 | 496 | 378 | 178 | 200 |
| Caquetá | 196 | 115 | 81 | 95 | 42 | 53 |
| Casanare | 125 | 86 | 39 | 61 | 28 | 33 |
| Cauca | 673 | 367 | 306 | 362 | 166 | 196 |
| Cesar | 415 | 244 | 171 | 194 | 94 | 100 |
| Chocó | 111 | 56 | 55 | 110 | 52 | 58 |
| Córdoba | 708 | 435 | 273 | 434 | 221 | 213 |
| Cundinamarca | 1.976 | 1.104 | 872 | 691 | 319 | 372 |
| Guainía | 5 | 3 | 2 | 8 | 4 | 4 |
| Guaviare | 30 | 22 | 8 | 17 | 11 | 6 |
| Huila | 743 | 385 | 358 | 305 | 154 | 151 |
| La Guajira | 202 | 108 | 94 | 84 | 29 | 55 |
| Magdalena | 636 | 355 | 281 | 327 | 138 | 189 |
| Meta | 553 | 336 | 217 | 246 | 132 | 114 |
| Nariño | 695 | 344 | 351 | 455 | 209 | 246 |
| Norte de Santander | 886 | 485 | 401 | 449 | 211 | 238 |

| | | | | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| Putumayo | 64 | 33 | 31 | 58 | 34 | 24 |
| Quindío | 577 | 318 | 259 | 188 | 94 | 94 |
| Risaralda | 938 | 532 | 406 | 381 | 165 | 216 |
| San Andrés y Providencia | 23 | 8 | 15 | 18 | 3 | 15 |
| Santander | 1.610 | 887 | 723 | 714 | 354 | 360 |
| Sucre | 486 | 262 | 224 | 288 | 133 | 155 |
| Tolima | 1.801 | 990 | 811 | 535 | 241 | 294 |
| Valle del Cauca | 3.243 | 1.845 | 1.398 | 1.828 | 820 | 1.008 |
| Vaupés | 3 | 1 | 2 | 6 | 4 | 2 |
| Vichada | 16 | 9 | 7 | 6 | 2 | 4 |

Nota. Fuente: [DANE] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas en Colombia. Encuesta Nacional de Calidad de Vida. Encuesta Nacional. Bogotá DC: DANE;2011.

Para los artículos que abordan la temática de contaminación del aire en Colombia y los efectos en salud, fueron revisadas las bases de datos Medline, Lilacs y Science Direct limitando la búsqueda a estudios publicados en los últimos 15 años en inglés y español usando palabras clave (en español e inglés) como: “air pollution”, “*health effects*”; “*particulate matter*”. Otra fuente de información utilizada fueron los repositorios de tesis de diferentes universidades de programas académicos en el área de ciencias de la salud o ingeniería ambiental, las Corporaciones Autónomas Regionales y Autoridades Ambientales Urbanas.

4.5.1. Investigaciones relacionadas con calidad del aire y salud, en diferentes regiones, municipios y distritos del país

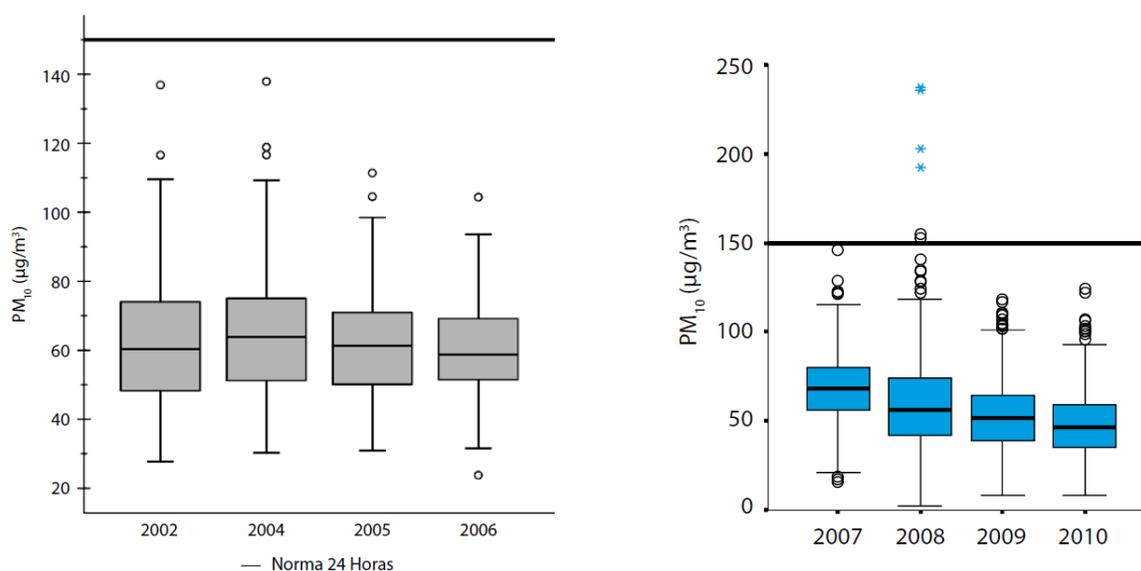
Con el fin de abordar los diferentes escenarios donde la contaminación del aire puede tener como fuentes procesos naturales y antropogénicos, se identificaron Departamentos en cuyos distritos o municipios se presentan problemáticas de calidad del aire específicas y en las cuales se han desarrollado investigaciones de diversa índole con respecto al tema.

4.5.1.1. Antioquia: Valle de Aburra. El Valle de Aburra tiene una extensión de 1.152 km², que hacen parte de la cuenca del Río Medellín, principal arteria fluvial que cruza la región de sur a norte. De estos 1.152 km², 340 km² son suelo urbano y 812 km² son suelo rural. Las cordilleras que lo encierran dan lugar a la formación de diversos microclimas y ejercen una influencia determinante sobre la calidad del aire, haciendo que los contaminantes permanezcan por más tiempo en la atmósfera en comparación con otras regiones. Dentro del Valle se ubica la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, conformada por 10 municipios (Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas) y una población que según el censo de 2005, representa el 59,4% del departamento de Antioquía. Los procesos de urbanización, el desarrollo industrial y el crecimiento del parque automotor en la región, han traído como consecuencia el deterioro de los niveles de calidad del aire, la afectación de la salud pública, el daño del paisaje y edificaciones y efectos en la vegetación (Toro, 2010).

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) es la autoridad ambiental encargada de monitorear y evaluar los contaminantes atmosféricos generados tanto en la zona urbana del Valle de Aburrá, como en los municipios de Medellín e Itagüí. Los datos de calidad del aire indican que las zonas urbanas del Valle de Aburrá presentan altas concentraciones de $PM_{2.5}$; además los altos niveles de radiación solar y la emisión de gases precursores generan las condiciones propias para la formación de ozono troposférico, el cual excede el valor de la norma horaria y octohoraria nacional. El inventario de emisiones atmosféricas en el Valle de Aburrá 2009 indica un aporte mayoritario de las fuentes móviles de gases y partículas. Las fuentes fijas contribuyen a las emisiones de material particulado y óxidos de azufre, gases precursores de la formación de material particulado en la atmósfera. Las fuentes móviles emiten el 58% de PM_{10} y el 78% de $PM_{2.5}$, además aportan el 94% de los NO_x y el 62% de las emisiones de COV, mientras que las fuentes fijas son las responsables del 77% de las emisiones de SO_x (Toro, 2010).

Según análisis realizados por el IDEAM, durante los años 2002 - 2006 las medianas diarias de PM_{10} se mantuvieron por debajo de los $70 \mu g/m^3$, mientras en el periodo 2007 - 2010 los valores de las medianas presentaron una reducción progresiva alcanzando una disminución de $21,5 \mu g/m^3$. Al comparar contra la norma aplicable para el periodo analizado, durante el año 2008 se superó el límite máximo permisible, con una concentración diaria máxima de $237 \mu g/m^3$ (Figura 4.1) (IDEAM, 2012a).

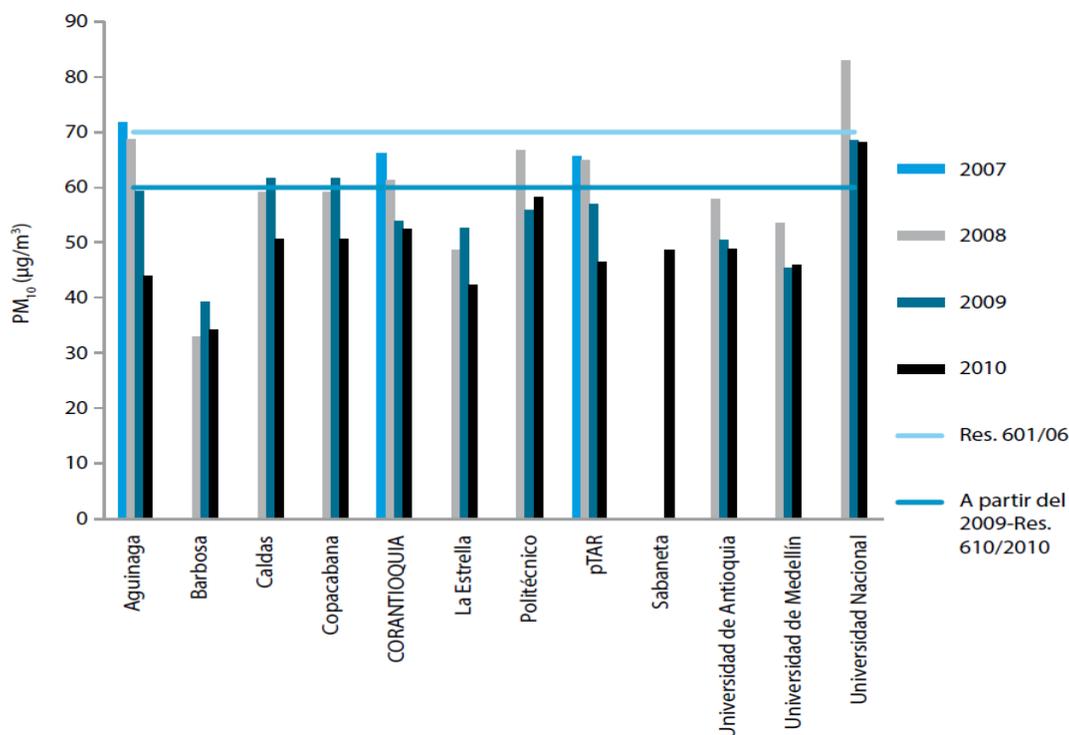
Figura 4.1. Concentración promedio de PM_{10} (24 horas) en las estaciones del SVCA del AMVA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007 - 2010. Informe. Bogotá DC: IDEAM;2012a.

En cuanto a la concentración promedio anual, en las estaciones Aguinaga y Universidad Nacional se superó el límite establecido en la legislación aplicable. Los años 2009 y 2010 presentaron una reducción general de la concentración en todas las estaciones, comparado con los años 2007 y 2008. En el año 2009, las concentraciones fueron mayores al año anterior en las estaciones Barbosa, Caldas, Copacabana y la Estrella. Las estaciones Barbosa, Copacabana, La Estrella, Sabaneta, Universidad de Antioquia y Universidad de Medellín presentaron concentraciones anuales entre 30 y 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 4.2) (IDEAM, 2012a).

Figura 4.2. Concentración promedio Anual de PM_{10} en las estaciones del SVCA del AMVA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007 – 2010. Informe. Bogotá DC: IDEAM;2012a.

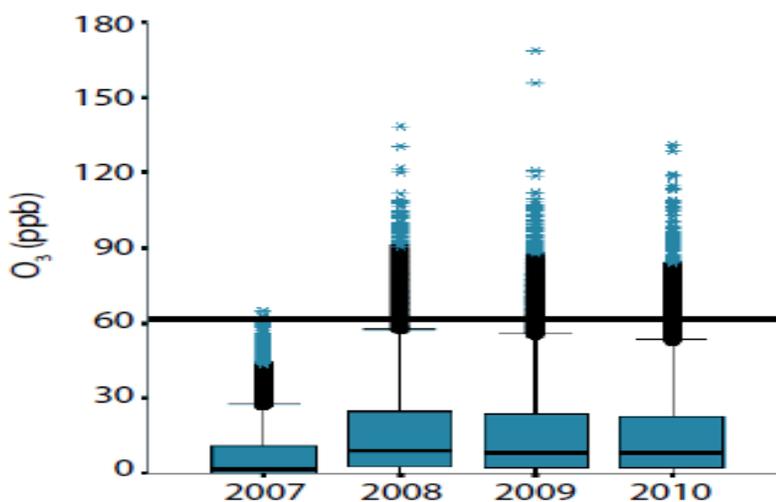
Para el Dióxido de Nitrógeno, en el periodo de 2001- 2006 no se sobrepasó la norma diaria (80 ppb) y la mediana se mantuvo en un valor de cercano a 20 ppb. Durante los años 2007 a 2010 las concentraciones se mantuvieron muy por debajo del límite establecido por la norma, con medianas relativamente estables alrededor de 20 ppb; sin embargo, en el año 2007 se superó la norma alcanzando un valor de 93 ppb. Para el periodo anual las concentraciones se encontraron por debajo de la norma (53 ppb) y los mayores valores representaron el 50% del valor anual permisible, por lo que se puede inferir que estos niveles no generaron riesgos para la salud de la población en el área de influencia de las estaciones (IDEAM, 2012a).

Durante el periodo de 2001 a 2006, el Dióxido de Azufre (SO₂) no sobrepasó la norma diaria (96 ppb) y las medianas se mantuvieron por debajo de los 10 ppb. Para los años 2007 a 2010 las medianas se ubicaron por debajo de los 3 ppb. En el año 2007 se registraron las mayores concentraciones del periodo con un valor máximo de 29 ppb. Por otro lado, los promedios anuales de SO₂ presentaron valores que no excedieron los 3 ppb en todas las estaciones; este valor representa el 9,7% de la norma anual establecida (31 ppb). En general las concentraciones se han reducido progresivamente, siendo el año 2010 el que presentó los menores valores (IDEAM, 2012a).

Con respecto al Monóxido de Carbono (CO) entre los años 2007 a 2009, los valores oscilan entre las 2 y 7 ppm, sin superar la norma horaria y octohoraria (35 ppm y 8.8 ppm, respectivamente), aunque se presentan picos diarios superiores a la norma, principalmente en los sitios donde el flujo vehicular es denso, en especial en el centro de la ciudad (Toro, 2010).

Finalmente para el Ozono (O₃), en el periodo 2007 a 2010, todos los años se superó la norma horaria establecida (61 ppb), con una mayor intensidad en los años 2008 a 2010. En cuanto a los últimos tres años, las medianas de los datos horarios se mantuvieron en concentraciones por debajo de 10 ppb, sin embargo en el año 2009 se presentó la máxima concentración con un valor de 168,5 ppb (Figura 4.3) (IDEAM, 2012a).

Figura 4.3. Concentración promedio O₃ (horario) en las estaciones del SVCA del AMVA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007 – 2010. Informe. Bogotá DC: IDEAM;2012a.

Para el año 2012 (Abril 2011 – Mayo 2012), la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín reportó la siguiente información relacionada con el SVCA del AMVA (UNAL-MED, 2012a):

- Las concentraciones diarias de PST medidas en las estaciones, Girardota Colegio Colombia (GIR-IECO), e Itagüí Colegio el Rosario (ITA-CRSV), son inferiores a la norma diaria definida en la Resolución 610 del MAVDT ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Las máximas concentraciones promedio anual de PM_{10} se presentaron en las estaciones ubicadas en la Universidad Nacional (MED-UNFM), la plaza de mercado del municipio de Caldas (CAL-PMER), y en el Parque de San Antonio de Medellín (MED-EXSA), donde se registraron $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Las estaciones que registraron las menores concentraciones promedio de PM_{10} fueron Hospital San Vicente de Paúl de Barbosa (BAR-HSV), Itagüí Plata de Tratamiento EPM (ITA-PTAR), y La Estrella (EST-CAM), con promedios de $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. En las estaciones Miguel de Aguinaga, (MED-AGUI), MED-EXSA, MED-UNFM, Politécnico JIC (MED-PJIC) y EST-CAM, se presentaron 4, 1, 3, 1 y 1, respectivamente, excedencias de la norma diaria colombiana ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Las máximas concentraciones promedio anuales de $\text{PM}_{2.5}$ se presentaron en la estación Belén Las Mercedes del municipio de Medellín (MED-BEME), con $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y MED-AGUI, con $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La estación Universidad Pontificia Bolivariana (MED-UPB), con la estación móvil del AMVA, registró un promedio aritmético de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 25 días de mediciones. La estación que registró la menor concentración promedio fue la estación MED-PJIC, con $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En las estaciones MED-BEME, MED-AGUI, MED-UPB, Casa de Justicia y Jardín Botánico se presentaron excedencias de la norma diaria colombiana ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Los resultados de las concentraciones de Ozono muestran que en las estaciones Ditaires, en el municipio de Itagüí, y Jardín Botánico de Medellín, se presentaron más excedencias de la norma horaria y octohoraria de ozono que en las demás estaciones. En Ditaires se presentaron 117 episodios horarios y 239 episodios octohorarios. En Jardín Botánico se presentaron 45 episodios horarios y 122 episodios octohorarios de ozono.
- Las concentraciones promedio de Benceno registradas principalmente en la zona centro del Valle de Aburrá, para el período comprendido entre el 01 septiembre/11 y el 24 noviembre/11 superan la Norma Colombiana Anual de Calidad del Aire de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las concentraciones más altas se registran en las estaciones Éxito de San Antonio, Facultad de Minas y PracoDidacol Av. 33, donde el valor permisible anual es superado en un 78% ($8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 76% ($8.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 60% ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) respectivamente.
- No se reporta problema de contaminación del aire por tolueno, etilbenceno y xilenos en las 18 estaciones de monitoreo distribuidas en el Área Metropolitana. Las concentraciones son inferiores a la Norma Colombiana Semanal para tolueno de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el caso del etilbenceno y los xilenos, los valores están por debajo de la Guía Anual de la OMS de $22.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

- De los tres tipos de xilenos (o -xileno, m -xileno y p - xileno) en el AMVA, se presenta mayor concentración de m-xileno en el aire, pues durante este período de monitoreo el rango de concentración de este contaminante osciló entre 4 y 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que para las otras dos formas de xileno el límite superior oscila alrededor de 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el Valle de Aburra se han llevado a cabo diferentes investigaciones que corroboran la información citada anteriormente y que además han explorado la relación entre la contaminación del aire y los efectos en salud, en ambientes intra y extramurales, dentro de las cuales podemos encontrar:

- Se ha establecido que el material particulado es el principal problema en el Área Metropolitana del Valle de Aburra, donde las concentraciones anuales de PST, PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ exceden el valor guía anual recomendado por la OMS y en ocasiones exceden la norma diaria para estos contaminantes (UPB, 2002; Gómez A, 2003; Gaviria et al., 2007; Bedoya, 2008; Echeverri, 2008; Betancur, 2009; AMVA et al., 2010).
- Se excede la norma horaria y octohoraria de Ozono en el Área Metropolitana del Valle de Aburra (UPB, 2002, 2005a, 2006; UDEM/UDEA, 2006).
- Se han registrado concentraciones de Benceno que exceden la norma colombiana de calidad del aire (UNAL-MED, 2012a), además se ha caracterizado el PM_{10} identificando elementos y metales como Sílice ($12,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Calcio ($3,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Hierro ($0,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Plomo ($0,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Vanadio ($0,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Cromo ($0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Zinc ($0,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$); para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) se destacan las concentraciones de Pireno ($83,46 \text{ ng}/\text{m}^3$), Naftaleno ($247,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Indeno (1,2,3 cd) ($82,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$), con demostrado efecto cancerígeno. La concentración reportada de Carbono Orgánico (CO) registró un valor de $39,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras el Carbono Elemental (CE) presentó un valor de $2,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ULS, 2008).
- No se observa excedencia de las normas nacionales e internacionales para SO_2 , NO_2 y CO en gran parte de las estaciones (UPB, 2002; AMVA /UNAL, 2004; UPB, 2005b; UDEM/UDEA 2006; UPB, 2006; Yepes DL, 2008; Bedoya, 2008), sin embargo en algunas ocasiones se establece que las concentraciones de CO exceden la norma horaria y octohoraria (UDEM/UDEA, 2006), además de encontrar una relación entre las emisiones de ruido y las concentraciones de CO (Bedoya J, 2003).

Los resúmenes de las investigaciones citadas anteriormente se presentan a continuación:

Tabla 4.12. Resumen de la investigación Identificación de episodios de Contaminación Atmosférica en el Valle de Aburrá.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Identificación de episodios de Contaminación Atmosférica en el Valle de Aburrá (Contrato 1787 de 2002) | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Universidad Pontificia Bolivariana, 2002 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: Óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, PM ₁₀ , CO, Ozono. |
| Resultados: <ul style="list-style-type: none"> • Durante el periodo de medición para las dos estaciones no se presentaron eventos de concentraciones promedio diarias que excedieran las normas de calidad de aire para óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y monóxido de carbono. • Durante el periodo de medición se presentaron 46 episodios de incumplimiento de la norma horaria (170 µg/m³) de O₃, distribuidos entre las 10:00 am y las 13:00 horas. • La norma Colombiana máxima para PM₁₀ era de 50 µg/m³ anual y 150 µg/m³ diaria. Para la estación Sumicol se presentó un episodio de violación a la norma diaria para este contaminante, con un valor de 158.6 µg/m³. Para la estación Holasa no se presentaron violaciones a esta norma. La concentración promedio del periodo de muestreo en la estación Sumicol fue de 99.2 µg/m³ (en un mes) y en la estación Holasa fue 63.5 µg/m³, ambos valores excedieron la norma anual propuesta. | |

Nota Fuente: [UPB] Universidad Pontificia Bolivariana. Identificación de episodios de Contaminación Atmosférica en el Valle de Aburrá (Contrato 1787 de 2002). Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2002.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.13. Resumen de la investigación Concentración de monóxido de carbono presente en el aire y la intensidad de ruido en el centro de la ciudad de Medellín.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Concentración de monóxido de carbono presente en el aire y la intensidad de ruido en el centro de la ciudad de Medellín. Convenio 4800000064 de 2003. | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Universidad Nacional, Julián Bedoya. 2003 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: Monóxido de Carbono (CO) |
| Objetivo: Evaluar los niveles de concentración de monóxido de carbono y de intensidad de niveles sonoros existentes en el centro de la ciudad de Medellín, área comprendida entre la Av. Ferrocarril, Cll. San Juan y Av. Oriental. | |
| Resultados: <ul style="list-style-type: none"> • Los niveles de concentración de monóxido de carbono en el área estudio, permiten identificar sectores críticos como la Plaza Minorista, El Palo con El Huevo y la Av. Ferrocarril, donde se obtuvieron valores cercanos a la norma colombiana, y en particular para el sector de El Palo con El Huevo se superaron los límites permisibles establecidos tanto para norma horaria como octohoraria. • Se diferencia el sector de la Alpujarra por presentar los niveles de concentración de CO más bajos del estudio. • Se observa que los sitios afectados por los mayores niveles de ruido, también presentan niveles de concentración de CO importantes. De igual forma estos sitios están asociados a vías de alto flujo vehicular que permite correlacionar éstos fenómenos de contaminación con las fuentes móviles. | |

Nota Fuente: Bedoya J. Concentración de monóxido de carbono presente en el aire y la intensidad de ruido en el centro de la ciudad de Medellín. (Convenio 4800000064 de 2003). Informe Final. Medellín: Universidad Nacional Sede Medellín;2003.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.14. Resumen de la investigación Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables (PM₁₀) en la zona de guayabal, Medellín, Colombia.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables (PM ₁₀) en la zona de guayabal, Medellín, Colombia. | |
| Lugar: Guayabal, Antioquia | Autor/año: Alfredo Gómez, Enrique Henao, Eliana Molina y Francisco Molina. 2003 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PST y PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar los niveles de concentración PST y PM ₁₀ en la zona de guayabal, Medellín, durante un período de cinco meses en el año 2000. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La concentración diaria de PST registrada fue de 113 µg/m³ valor inferior a la norma diaria para Colombia (400 µg/m³), sin embargo las concentraciones presentaron una tendencia a superar la norma anual de 100 µg/m³. • Las concentraciones diarias de PM₁₀, con promedio de 74 µg/m³, no superaron ninguna vez la norma diaria de 150 µg/m³ (US EPA), sin embargo existe la tendencia a superar la norma diaria y anual de la OMS. | |

Nota Fuente: Gómez A, Henao E, Molina E, & Molina F. Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables (PM₁₀) en la zona de guayabal, Medellín, Colombia. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia;2003;30:24-33.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.15. Resumen de la investigación Consultoría para la evaluación de la calidad del aire, intensidad de ruido y sus efectos en la salud en 25 sitios de alto tráfico vehicular de la ciudad de Medellín, Universidad de Medellín – Universidad de Antioquia.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Consultoría para la evaluación de la calidad del aire, intensidad de ruido y sus efectos en la salud en 25 sitios de alto tráfico vehicular de la ciudad de Medellín, Universidad de Medellín – Universidad de Antioquia. Informe n° 1, contrato n° 470018171 - 470018172 de 2005. | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Universidad de Medellín – Universidad de Antioquia. 2005 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ , CO, O ₃ , NO ₂ y SO ₂ |
| Objetivo: Evaluación de la calidad del aire, intensidad de ruido y sus efectos en la salud en 25 sitios de alto tráfico vehicular de la ciudad de Medellín. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Se concluyó que los 25 puntos de medición seleccionados no se presentan problemas de contaminación del aire por PM₁₀, SO₂, NO₂ y O₃. Por lo tanto las concentraciones de estos contaminantes no explicarían los hallazgos de salud encontrados. • Mediante la utilización del índice de calidad del aire (ICA), se determinó que los 25 puntos evaluados presentan una calidad ambiental que se encuentra en la categoría “Aceptable”, a pesar de que en algunos puntos se encuentran concentraciones de CO que sobrepasan la norma horaria y octohoraria durante el periodo de muestreo. • Los niveles de CO medidos permiten identificar sectores críticos como El Poblado, Universidad de Antioquia, Colombia Carrera 65, Parque de Cristo Rey y El Palo con el Huevo, donde se obtuvieron valores por encima de la norma de calidad del aire para un periodo de 8 horas (8.8 ppm). • En cuanto a ozono, la Universidad de Medellín, Robledo, Villa de Aburrá y Palos Verdes fueron los sitios de muestreo en los que se incumplió la norma horaria de calidad del aire para ozono (0.061 ppm), con 5, 3, 2 y 1 ocasiones respectivamente. | |

Nota Fuente: [UDEM] Universidad de Medellín, & [UDEA] Universidad de Antioquia. Consultoría para la evaluación de la calidad del aire, intensidad de ruido y sus efectos en la salud en 25 sitios de alto tráfico vehicular de la ciudad de Medellín. Informe I. contrato n° 470018171 - 470018172 de 2005. Medellín: UDEM/UDEA;2006.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.16. Resumen de la investigación Evaluación de la calidad del aire en la cuenca de la quebrada Altavista.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Evaluación de la calidad del aire en la cuenca de la quebrada Altavista. | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Universidad Pontificia Bolivariana. Grupo de investigaciones ambientales, GIA. 2006. |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: Óxidos de Nitrógeno (NO, NO ₂ , NO _x), SO ₂ , CO, O ₃ . |
| Objetivo: Evaluar la calidad del aire en la cuenca de la quebrada Altavista. | |
| Resultados: <ul style="list-style-type: none"> • Los resultados del monitoreo muestran que las horas de mayor concentración ocurren entre las 7 y las 10 de la mañana, mostrando como el flujo vehicular influye en la emisión de estos contaminantes en las horas de la mañana. • Las concentraciones horarias del CO no superan la norma horaria nacional (35 ppm). Los máximos valores medidos se observan a las 9 a.m. de 2.59 ppm y en la tarde aumenta hasta 2.7 ppm. • Las concentraciones de SO₂ y NO₂ no superan la norma diaria nacional (96 y 80 ppm, respectivamente). • El PM₁₀ registro una concentración alrededor de 40 µg/m³, valor que no supera la norma máxima nacional (150 µg/m³). • Analizando el comportamiento del ozono se puede observar que ocurren concentraciones que sobrepasan la norma nacional (61 ppb a condiciones de referencia) en los 11 primeros días. El número de veces que se sobrepasa la norma local, es 33 episodios la mayoría en las horas del mediodía. | |

Nota Fuente: [UPB] Universidad Pontificia Bolivariana, [GIA] Grupo de investigaciones ambientales. Evaluación de la calidad del aire en la cuenca de la quebrada Altavista. Medellín:GIA;2006.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.17. Resumen de la investigación caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Universidad de la Salle, 2008 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Resultados: <ul style="list-style-type: none"> • Se presenta la mayor concentración en Sílice (12,38 µg/m³) y Calcio (3,61 µg/m³), lo que refleja el aporte de material geológico a estas fuentes, el cual puede estar asociado con obras realizadas en los alrededores del punto de monitoreo o vías cercanas en mal estado. También se destacan las emisiones regulares de Hierro (0,58 µg/m³), Plomo (0,54 µg/m³), Vanadio (0,42 µg/m³) existentes a lo largo del monitoreo, al igual que las emisiones de Cromo (0,22 µg/m³) y Zinc (0,38 µg/m³). • La concentración reportada de Carbono Orgánico (CO) registró un valor de 39,03 µg/m³, mientras el Carbono Elemental (CE) presentó un valor de 2,55 µg/m³. Se puede establecer que la ubicación de la estación de monitoreo (PTAR San Fernando), influyó en la composición del PM₁₀ debido a que se encontraron emisiones de abundante cantidad de materia orgánica, lo que se vio reflejado en el contenido de CO. • Los resultados obtenidos para iones en PM₁₀ muestran una gran relación entre el contenido de Nitratos (3,04 µg/m³) y Sulfatos (4,68 µg/m³), lo que refleja que las fuentes generadoras de estos iones se mantienen constantes en cuanto a su emisión. Las concentraciones presentadas de Fluoruros son muy bajas (0,27 µg/m³) y en algunos casos prácticamente nulas. <p>Las concentraciones de Amonio (2,60 µg/m³)son relativamente mayores a las concentraciones de Nitratos y Sulfatos, lo que implica que su origen no se debe a una única fuente sino al aporte combinado de diversas fuentes. La mayor concentración de Sulfatos refleja el aporte de contaminantes cuyo origen es el Azufre presente en los</p> | |

| |
|---|
| combustibles empleados en el Valle de Aburrá. |
| <ul style="list-style-type: none"> De los resultados obtenidos para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos se destacan las concentraciones de Pireno (83,46 ng/m³), Naftaleno (247,38 µg/m³) e Indeno (1,2,3 cd) (82,77 µg/m³), con demostrado efecto cancerígeno. De los resultados obtenidos por el modelo receptor se destaca que el aporte por fuentes móviles durante el periodo de septiembre a noviembre de 2007 es de tan solo un 20%. El elevado resultado obtenido en la ciudad de Medellín para las fuentes de origen geológico muestra la existencia de terrenos destapados aledaños al punto de monitoreo o vías en mal estado que aportan gran cantidad de PM₁₀, producto de la re-suspensión provocada por el flujo vehicular, que a su vez remueve material simplemente por circulación. |

Nota Fuente: Grupo de Investigación en Aerosoles. Caracterización del Material Particulado Menor a 10 Micras MP10, Procesamiento y Análisis de la Información de Algunas Ciudades del País. Informe. Contrato 2062394. Bogotá: Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria/ MAVT;2007.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.18. Resumen de la tesis Calidad del aire en la Vereda El Ajizal del Municipio de Itagüí.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Calidad del aire en la Vereda El Ajizal del Municipio de Itagüí | |
| Lugar: Itagüí, Antioquia | Autor/año: Gaviria Cuartas Cristina Isabel, Velásquez Bolívar Víctor Raúl, Zuluaga Pérez Eliana Patricia; 2007 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: CO, PST y PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar la calidad del aire en la vereda El Ajizal del municipio de Itagüí | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Del inventario de emisiones se encontró que el contaminante con mayor representatividad fue el Monóxido de Carbono, tanto para fuentes fijas como para fuentes móviles. En relación con los monitoreos se encontró que el nivel más alto (24 horas) para las concentración de PST fue de 213 µg/m³ y para PM₁₀ fue de 115,88 µg/m³, valores que no excedieron las normas para una exposición de 24 horas vigentes (300 y 150 µg/m³, respectivamente). | |

Nota Fuente: Gaviria CI, Velásquez VR, & Zuluaga EP. Calidad del aire en la Vereda El Ajizal del Municipio de Itagüí [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2007.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.19. Resumen de la investigación Relación entre las partículas finas (PM_{2.5}) y respirables (PM₁₀) en la ciudad de Medellín.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Relación entre las partículas finas (PM _{2.5}) y respirables (PM ₁₀) en la ciudad de Medellín | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Carlos Alberto Echeverri Londoño, Gabriel Jaime Maya Vasco; 2008 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM _{2.5} y PM ₁₀ |
| Objetivo: Establecer la relación PM _{2.5} /PM ₁₀ en la ciudad de Medellín | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Aunque la mayoría de las concentraciones de PM_{2.5} encontradas durante el periodo de medición en los diferentes puntos de muestreo cumplen con la norma diaria de calidad del aire (65 µg/m³), las partículas finas (PM_{2.5}) se presentan como el principal problema de contaminación en la ciudad de Medellín. En todos los sitios de muestreo, las partículas PM_{2.5} tienen la tendencia a superar la norma anual de calidad del aire (25 µg/m³). A pesar de que en todos los sitios de muestreo las partículas PM₁₀ tienen la tendencia a permanecer por | |

debajo de la norma anual de calidad del aire ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se puede concluir que la situación es preocupante, ya que si comparamos los resultados con la norma que regirá en el año 2011 para Colombia, un alto porcentaje (50%) de los puntos evaluados no cumpliría dicha norma ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

- Un parámetro que ayuda a visualizar el problema de las partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$) en Medellín es la relación ($\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$). Todos los sitios de muestreo tienen una relación ($\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$) muy alta, que hace pensar que probablemente se puede cumplir con la norma anual para PM_{10} pero no para $\text{PM}_{2.5}$.
- La relación ($\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$) promedio para los sitios o zonas bajo consideración en este estudio fue de aproximadamente 0.67. Si las mediciones de PM_{10} están por debajo de la norma anual ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en un 36% ($44.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), las partículas respirables estarían sobrepasando su norma anual ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en un 100%, es decir, $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nota Fuente: Echeverri CA, & Maya GJ. Relación entre las partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$) y Respirables (PM_{10}) en la ciudad de Medellín. Revista ingenierias universidad de Medellin;2008;7:23-42.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.20. Resumen de la investigación Calidad del aire en el Valle de Aburrá Antioquia – Colombia.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Calidad del aire en el Valle de Aburrá Antioquia – Colombia. | |
| Lugar: Valle de Aburra, Antioquia | Autor/año: Bedoya Julián; Martínez Elkin, 2008 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Contaminantes criterio del aire |
| Objetivo: Explorar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos en Medellín y su área metropolitana. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Los promedios anuales de material particulado en las diversas estaciones de Medellín y del área metropolitana varían desde 50 hasta $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$. • Para PM_{10} los valores promedios registrados varían entre 28 y $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con promedio general de 65.3. La tendencia de los valores de concentración es hacia un aumento gradual con gradiente de aumento por año de $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (IC 95% 1,0 – 4,2). • Las concentraciones de NO_x en el área Metropolitana varían desde 2 hasta $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un promedio de 39.2. Las concentraciones promedio de SO_x varían desde 0.1 hasta $50.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un promedio de 10.3. Los niveles promedio de Monóxido de Carbono en el área metropolitana varían desde valores mínimos muy cercanos a cero hasta valores de 6–7 ppm, con promedios cercanos a 2 ppm. Los promedios de Ozono varían desde cero hasta 47 ppb, con promedio de 17 ppb. Los valores de promedios para periodos en 8 horas en la estación de Guayabal se sitúan por debajo de los niveles de guía que propone la OMS en un valor de 50 ppb equivalentes a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. | |

Nota Fuente: Bedoya J, & Martínez E. Calidad del aire en el Valle de Aburrá Antioquia – Colombia. Dyna;2008;76:7-15.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.21. Resumen de la investigación Niveles de ruido y concentraciones de monóxido de carbono-CO- en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de Medellín.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Niveles de ruido y concentraciones de monóxido de carbono-CO- en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de Medellín. | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Dora Luz Yepes Palacio, Miryam Gómez Marín, Carlos Zárate Yepes, Sandra Liliana Echeverry Orozco, 2008 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: CO |
| Objetivo: Generar lineamientos de un plan de mejoramiento de la calidad del aire en la institución, partiendo de la evaluación de los niveles de ruido y las concentraciones de monóxido de carbono. | |

Resultados: Durante las horas pico o de alto flujo vehicular, el 90.5% de las mediciones arrojaron valores de cero y las restantes promedian 0.4 ppm; en las jornadas en bajo flujo, el comportamiento fue similar.

Nota Fuente: Yepes DL, Gómez M, Zárate C, et al. Niveles de ruido y concentraciones de monóxido de carbono-CO- en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de Medellín. *POLITÉCNICA*;2008;72:19–32.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.22. Resumen de la investigación Análisis de calidad del aire en el área metropolitana del Valle de Aburrá durante el primer semestre del año 2009

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Análisis de calidad del aire en el área metropolitana del Valle de Aburrá durante el primer semestre del año 2009 | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Hermes Yesid Betancur Quintero. 2009 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Contaminantes criterio |
| Objetivo: Analizar los datos recolectados en los monitoreos de REDAIRE durante el primer semestre del año 2009 y compararlos con la legislación ambiental vigente para la determinación de la calidad del aire. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • En las estaciones donde evalúan el PM_{2.5} se sobrepasan los límites anuales permisibles para la salud de 10 µg/m³ estipulados por la OMS. • El mayor problema de contaminación atmosférica que se presenta en el Valle de Aburrá es de material particulado. Esto se observó en estaciones como las ubicadas en el centro de Medellín, con concentraciones que superan los estándares máximos permisibles estipulados por la OMS y en el techo de los estipulados en la resolución 601 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. | |

Nota Fuente: Betancur HY. Análisis de calidad del aire en el área metropolitana del Valle de Aburrá durante el primer semestre del año 2009 [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2009.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.23. Resumen de la investigación Evaluación de los niveles de contaminación atmosférica en las zonas urbanas del Valle de Aburra. Caracterización y análisis de la contribución de fuentes de material particulado PM_{2.5} en tres (3) zonas del Valle de Aburrá

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Evaluación de los niveles de contaminación atmosférica en las zonas urbanas del Valle de Aburra. Caracterización y análisis de la contribución de fuentes de material particulado PM _{2.5} en tres (3) zonas del Valle de Aburrá (Convenio 5434 de 2008). | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Área Metropolitana del Valle de Aburra. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Universidad de Antioquia. 2010 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM _{2.5} |
| Objetivo: Contribuir a la gestión de Calidad del Aire mediante el análisis fisicoquímico de las muestras ambientales de material particulado PM _{2.5} en tres zonas del Valle de Aburrá | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Estación Monitoreo Zona Centro Medellín-Antioquia: Se observó la tendencia a la reducción del PM_{2.5} con un factor de correlación de 0.4. y una concentración promedio diaria de 36.2 µg/m³. • Estación Monitoreo Municipio Itagüí-Antioquia: Se presentó un evento que sobrepasa la norma diaria de 50 µg/m³, condición directamente asociada a las actividades de quema de pólvora típica (22 de diciembre). En cuanto a la caracterización del PM_{2.5} se identificó en las muestras de aire azufre, potasio, calcio, hierro, sodio, aluminio y silicio. | |

- **Estación Monitoreo Municipio Bello-Antioquia:** Se registraron seis eventos que sobrepasan la norma diaria de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto a la caracterización del $\text{PM}_{2.5}$, se detectaron los siguientes elementos: Azufre (S) expresado como sulfito, Silicio como SiO_2 , Sodio (Na), como Na_2O , Calcio como CaCO_3 y Potasio como K_2O . Se resalta que el Óxido de Azufre es el compuesto en mayor proporción en el $\text{PM}_{2.5}$ suspendido en el aire, alcanzando niveles hasta del 21% del $\text{PM}_{2.5}$, es decir una concentración máxima en el aire de 4.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para los elementos minoritarios se detectaron en mayor concentración en trazas en esta Zona Plomo, Aluminio, y Zinc y en algunos días el Cobre estuvo en concentraciones traza relativo a la masa $\text{PM}_{2.5}$ de 0.011 %. La variabilidad de las emisiones puede observarse en la presencia de algunos elementos como el Cobre, Cesio, Estaño y Antimonio solo en algunos de los días de monitoreo.

En cuanto a las concentraciones mayores de los aniones se registraron de manera continua los sulfatos, y amonio, contaminantes secundarios asociados a las emisiones vehiculares primarias, que harán parte de los aerosoles en el $\text{PM}_{2.5}$. Los sulfatos durante todo el periodo de mediciones tuvieron un comportamiento consistente con valores de concentración en P/P entre 20% y 3% con una desviación de 4% alrededor de la media de 11.5 % que comparado con el valor medio 4 % del amonio, muestra la mayor presencia de los sulfatos en el $\text{PM}_{2.5}$. Los nitratos, también son importantes en su concentración y conformación de los aerosoles secundarios en esta zona de estudio. Los cloruros típicos aerosoles marinos son altamente variables en las muestras en concentraciones muy bajas de 0.022 % en promedio y con frecuencia no fue detectado en el $\text{PM}_{2.5}$. En cuanto a los cationes se encuentran en mayor proporción el sodio y el calcio y se encuentran asociados a iones sulfatos y al amonio en su carácter anfótero. Los iones Litio y Potasio se encuentran en concentraciones traza y alta variabilidad.

Nota Fuente: [AMVA] Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, [UDEA] Universidad de Antioquia. Evaluación de los niveles de contaminación atmosférica en las zonas urbanas del Valle de Aburra. Caracterización y análisis de la contribución de fuentes de material particulado $\text{PM}_{2.5}$ en tres (3) zonas del Valle de Aburrá (Convenio 5434 de 2008). Investigación. Medellín;2010.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.24. Resumen de la investigación Evaluar y monitorear la calidad del aire en el Valle de Aburrá con medidores pasivos.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Evaluar y monitorear la calidad del aire en el Valle de Aburrá con medidores pasivos. Contrato interadministrativo No. Cd 185 de 2011 | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Subdirección Ambiental, Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín 2012 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: Benceno, etilbenceno, tolueno y los xilenos. |
| Objetivo: Evaluar y monitorear la calidad del aire en las zonas urbanas del Valle de Aburrá, mediante la evaluación con medidores pasivos, de las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (BTX), durante Septiembre de 2011 a Abril de 2012. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • En 10 de las 18 estaciones se sobrepasa la Norma Colombiana Anual de Calidad del Aire para Benceno (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y todas las estaciones superan la Guía Anual de la OMS. La población que vive o transita por los sitios evaluados, se encuentra en riesgo, ya que el benceno puede ser cancerígeno a niveles bajos por largos periodos de exposición. • En la ciudad de Medellín las concentraciones de Benceno oscilan entre 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 8.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que puede generar enfermedades respiratorias crónicas, irritación, náuseas, dolor de cabeza, entre otros síntomas. • No se reporta problema de contaminación del aire por tolueno, etilbenceno y xilenos en las 15 estaciones de monitoreo distribuidas en el Área. Las concentraciones son inferiores a la Norma Colombiana Semanal para tolueno de 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el caso del etilbenceno y los xilenos, los valores están por debajo de la Guía Anual de la OMS de 22.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. | |

- Las concentraciones de BTX tienen una relación directa con las emisiones de los vehículos que funcionan a gasolina, debido a la adición de compuestos aromáticos con el fin de mejorar el octanaje del combustible, particularmente en Colombia, se aumenta el índice de octano de 60 hasta 94 para el caso de la gasolina extra.
- Aunque la reducción de Benceno y Aromáticos en la producción de combustibles para Medellín y el AMVA genere un impacto positivo frente a las emisiones que se generan en esta área, se sigue excediendo la norma en algunos sectores, debido al alto tráfico vehicular y a la antigüedad de los vehículos de servicio público. Para superar estos obstáculos en la reducción de emisiones, se hace necesario implementar medidas como los convertidores catalíticos, para aumentar la eficiencia y disminuir la concentración de los gases nocivos expulsados por los motores de combustión interna.

Nota Fuente: [UNAL-MED] Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Evaluar y monitorear la calidad del aire en el Valle de Aburrá con medidores pasivos (Contrato interadministrativo No. Cd 185 de 2011). Medellín: Subdirección Ambiental, Área Metropolitana del Valle de Aburrá;2012b.

*Adaptado por el autor.

Por otra parte en el Valle de Aburra se han desarrollado inventarios de emisiones que han cuantificado las concentraciones de CO, NO_x, COV y otros contaminantes, además de señalar a las fuentes móviles, como las de mayor importancia (UPB, 2001, 2005); además se ha identificado el aporte de las vías en las emisiones de partículas suspendidas al ambiente (Gómez M et al., 2004), así como alternativas para el monitoreo de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores, como una alternativa cuando no se cuenta con un sistema de vigilancia de calidad del aire (Jaramillo y Boter, 2010). Por último se elaboró el Plan de Descontaminación del Aire en la Región Metropolitana del Valle de Aburrá (PDVA), el cual contemplan dos escenarios a 2020, con y sin medidas del PDVA implementadas, donde se establece (Toro, 2010):

- **Escenario 2020 sin medidas:** Para evaluar este escenario se utilizó el inventario de emisiones proyectado al año 2020, sin considerar las medidas definidas en el PDVA, pero teniendo en cuenta las medidas en curso a nivel nacional y local, que están dirigidas principalmente al mejoramiento de combustibles (Diésel con un contenido de azufre de 50 ppm y gasolina de 300 ppm a partir del 2011) y la entrada de vehículos con tecnología más limpia.

Se establece que para la concentración horaria máxima de Ozono en la estación Medellín – Universidad CES (MED-UCES), en la cual ocurre el mayor episodio de contaminación, se incrementaría un 30% la concentración para el año 2020. Sin la implementación de las medidas de reducción de emisiones del PDVA, aunque exista un mejoramiento de combustible (Diesel: 50 ppm y gasolina: 300 ppm) y el ingreso de vehículos de tecnología Euro III, la calidad del aire no cumple con la norma nacional para ozono (61 ppb). Es importante anotar que el aumento de ozono en el escenario 2020 ocurre debido a que las medidas implementadas a nivel nacional y local no tienen como objetivo o finalidad la reducción de compuestos orgánicos volátiles ni de óxidos de nitrógeno, por lo cual es de esperarse que las reacciones en la atmosfera incrementen el ozono.

Para el PM_{2.5} el modelo pronostica para el 2020 un incremento significativo en todas las estaciones de monitoreo. En la estación MED-UCES este aumento equivale a 102%. En el

escenario proyectado sin medidas, no se cumpliría con la norma nacional de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y se presenta un deterioro de la calidad del aire, que hace prioritario la implementación de medidas adicionales más exigentes que permitan minimizar el impacto en la salud que ocasiona este contaminante.

- **Escenario 2020 con medidas:** Para este escenario se hace énfasis en el mejoramiento de combustibles con el fin de contar para ese año con diésel cuyo contenido de azufre sea 15 ppm - gasolina de 15 ppm a partir del 2015 y la entrada de vehículos exige que los vehículos a gasolina y Diésel tengan tecnología Euro III en 2011 y Euro V en el 2015. Se observa que la calidad del aire por ozono disminuye significativamente en todas las estaciones, presentando el mayor valor de reducción de concentración en la estación MED-CES, con un 57%. En todas las estaciones se cumpliría la norma horaria para ozono de 61 ppb. Lo anterior se explica en el hecho de que las medidas del plan se enfocan a reducir las emisiones de los precursores de ozono que corresponde a los NOx y los COVs.

Para el $\text{PM}_{2.5}$ el modelo pronostica para el 2020 una disminución de la concentración en todas las estaciones de monitoreo. En la estación Medellín Aguinaga (MED-AGUI) esta reducción equivale a 6%. En este escenario, se observa que las medidas del PDVA se convierten en una solución para mejorar la calidad del aire del Valle de Aburrá. En todas las estaciones se obtuvo un menor nivel de concentración de $\text{PM}_{2.5}$, siendo la más relevante la estación MED-AGUI, pasando de 24.94 a $23.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 4.25. Resumen de la investigación Estudio de la formación de contaminantes fotoquímicos mediante la modelización matemática y sus efectos en la salud.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Estudio de la formación de contaminantes fotoquímicos mediante la modelización matemática y sus efectos en la salud (Contrato 340 de 2001) | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Universidad Pontificia Bolivariana, 2001 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: Contaminantes fotoquímicos |
| Objetivo: Conocer la formación y el transporte de contaminantes fotoquímicos mediante un modelo de pronóstico a mesoescala y un modelo de dispersión fotoquímico Euleriano en el Valle de Aburrá (Medellín, Colombia). | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Del análisis de los datos de inmisión de Monóxido de Carbono (CO), NO, NO₂ y O₃ en la estación situada en Caldas, se concluye que las máximas concentraciones de ozono se presentan el medio día, cuando la radiación solar es mayor y las reacciones fotoquímicas tienen lugar. • La concentración de las inmisiones ocurre en la zona central del Valle en el centro de Medellín y en la zona residencial localizada al occidente por los barrios de conquistadores y Belén. • El CO es el contaminante con mayor emisión en el Valle. Las emisiones son básicamente debidas a los vehículos que son causadas por la deficiente combustión vehicular en las horas de alta congestión (7-8 h y 18-19 h). • Se observó como en las horas diurnas se incrementa la liberación de gases por parte de la vegetación, debido a su relación con la temperatura y la radiación solar. Las emisiones de las industrias se mantienen constante, ya que se suponen continuas durante un proceso de producción. | |

Nota Fuente: [UPB] Universidad Pontificia Bolivariana. Estudio de la formación de contaminantes fotoquímicos mediante la modelización matemática y sus efectos en la salud (Contrato 340 de 2001). Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá;2001.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.26. Resumen de la investigación Modelación estadística de los aportes de las Vías como fuentes de emisión a las Partículas Totales en Suspensión según modelo MCF, zona Centro de Medellín-Antioquia-Colombia.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Modelación estadística de los aportes de las Vías como fuentes de emisión a las Partículas Totales en Suspensión según modelo MCF, zona Centro de Medellín-Antioquia-Colombia, 2004 | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Gómez Miryam; Saldarriaga Julio; Correa Mauricio; Posada Enrique; Castrillón M. Francisco Javier; 2004 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PST |
| Objetivo: Establecer mediante modelación estadística los aportes de las vías como fuentes de emisión de partículas en suspensión en la zona centro de Medellín, Antioquia. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Según los parámetros estimados, la media y la desviación estándar de los aportes de las vías como fuentes de emisión a las partículas totales en suspensión son 10.5% y 12.4%, respectivamente; lo que indica que desde un punto de vista práctico, las vías aportan significativamente en términos porcentuales a la emisión de partículas totales en suspensión. | |

Nota Fuente: Gómez M, Saldarriaga J, Correa M, Posada E, & Castrillon FJ. Modelación estadística de los aportes de las Vías como fuentes de emisión a las Partículas Totales en Suspensión según modelo MCF, zona Centro de Medellín, Antioquia, Colombia. Dyna;2004;74:35-40.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.27. Resumen de la investigación Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en el Valle de Aburrá, con georeferenciación de éstas.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en el Valle de Aburrá, con georeferenciación de éstas (convenio 323/2005) | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Universidad Pontificia Bolivariana. María Victoria Toro Gómez. 2005 |
| Tipo documento: Informe | Contaminante estudiado: CO, NOx, SO2, MP y COV |
| Objetivo: Elaborar y montar el Modelo de Inventario de Emisiones Atmosféricas MODEAM para la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> En el Valle de Aburrá se emiten 224.774 t/año de diferentes sustancias, distribuidas en 3 principales fuentes de emisión. El aporte corresponde a 148.433 ton/año para fuentes móviles, 70.001 t/año para fuentes fijas y 6.340 t/año para las fuentes biogénicas. La aplicación del modelo de emisiones atmosféricas MODEAM, permitió obtener el cálculo de los contaminantes analizados en cada una de las celdas, con lo que se pudo identificar que el dióxido de carbono (CO₂) es el contaminante más emitido a la atmósfera, con un total de 1.656.581 ton/año, seguido por el monóxido de carbono, cuyo aporte se estimó en 106.625 ton/año. Los siguientes contaminantes en orden de importancia son los COV's y el material particulado, con totales de 38.627 t/año y 32.479 t/año respectivamente. Para el NOx se obtuvo un valor de 18.471 ton/año. De los COV's, los de mayor emisión son los aromáticos, seguidos por los alcanos y los alquenos. En general, el centro de la ciudad de Medellín representa el área más afectada por el tránsito vehicular y las industrias, siguiendo en importancia, la región centro-oriental y el municipio de Itagüí. Así mismo, las mayores emisiones se presentan durante las horas de mayor tráfico automotor correspondientes a las ocho de la mañana y a las seis de la tarde. La mayor emisión de contaminantes provenientes de las fuentes biogénicas se presenta en el norte del Valle de Aburrá y la región de Santa Elena. Con el fin de conocer la tendencia de las emisiones en el Valle de Aburrá, se realizó un análisis que permitió establecer que el actual inventario presenta un incremento significativo de los óxidos de nitrógeno (62%) y de compuestos orgánicos volátiles (95%), respecto de los valores obtenidos en el 2003. | |

Nota Fuente: [AMVA] Área Metropolitana del Valle de Aburrá; [UPB] Universidad Pontificia Bolivariana. Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en el Valle de Aburrá, con georeferenciación de estas (convenio 323/2005). Medellín: AMVA;2005a.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.28. Resumen de la investigación Lineamientos Técnicos para el Plan de Descontaminación del Aire en la Región Metropolitana del Valle de Aburrá.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Lineamientos Técnicos para el Plan de Descontaminación del Aire en la Región Metropolitana del Valle de Aburrá (Convenio 543 de 2008) | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Pontificia Universidad Bolivariana, 2010 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: COV, Material Particulado, Ozono, NO ₂ , CO y SO ₂ |
| <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Según las mediciones realizadas en las estaciones Aguinaga (Medellín), Politécnico (Medellín), Ditaires (Itagüí) y Universidad CES (Medellín), las concentraciones anuales de PM_{2.5} superan los 30 µg/m³, excediendo el valor de 10 µg/m³ establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS). • La meta de calidad del aire para PM_{2.5} en 2015 es 25 µg/m³ y para 2020 es 20 µg/m³. • La norma horaria y octohoraria de ozono se superó a lo largo de todo el año 2009. Los episodios horarios se incrementaron de 289 en el 2008 a 600 en el 2009 y los episodios octohorarios de 471 en el 2008 a 964 en el 2009. • Los compuestos orgánicos volátiles (COV) fueron evaluados utilizando medidores pasivos. En la campaña de monitoreo realizada por el AMVA entre el 01 agosto de 2006 y el 06 agosto de 2007, fueron monitoreados los BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos. Las concentraciones promedio anuales de Benceno, superan la Norma Colombiana Anual de Calidad del Aire (5 µg/m³), especialmente en la zona centro del valle, registrando valores de 8.2 µg/m³ en el Municipio de Itagüí. Las concentraciones de Tolueno, Etilbenceno y Xilenos, fueron inferiores a la Norma Colombiana Semanal para Tolueno de 260 µg/m³ y en el caso del etilbenceno y los xilenos, estuvieron por debajo de los valores Guía Anuales de la OMS de 22.000 µg/m³ y 870 µg/m³ respectivamente. • Otros gases como NO₂, CO, SO₂ no registran superación de la norma Colombiana. • El inventario de emisiones en el Valle de Aburra (2009), muestra el gran aporte de las fuentes móviles en gases y partículas. Las fuentes fijas tienen un aporte mayoritario en óxidos de azufre. Las fuentes biogénicas y las fuentes de área contribuyen con las emisiones de VOC, con una participación del 21% y el 13% respectivamente. • Las fuentes móviles emiten el 58% de PM₁₀ y el 78% de PM_{2.5}. Las fuentes móviles aportan el 94% de los NO_x y las fuentes fijas son responsables del 77% de los SO_x. Las fuentes móviles contribuyen con el 62% de las emisiones de VOC. | |

Nota Fuente: [UPB] Pontificia Universidad Bolivariana Sede Medellín. Lineamientos Técnicos para el Plan de Descontaminación del Aire en la Región Metropolitana del Valle de Aburrá. Informe. (Convenio 543 de 2008). Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá;2010.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.29. Resumen de la investigación Comunidades líquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburra.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Comunidades líquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburra | |
| Lugar: Medellín, Antioquia. | Autor/año: Margarita María Jaramillo Ciro, Liliana Rocío Botero Botero, 2010. |

| | |
|--|---|
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Bioindicadores |
| Objetivo: Profundizar en la diversidad, morfología y desarrollo de la comunidad líquénica asociada a cuatro especies arbóreas <i>Terminalia catappa</i> Linneaus (almendro), <i>Eritrina fusca</i> Loureiro (búcaro), <i>Mangifera indica</i> Linneaus (mango) y <i>Fraxinus chinensis</i> Roxb. (urapán) como alternativa para evaluar la potencialidad de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La información obtenida al implementar los líquenes como bioindicadores de calidad del aire para comparar las estaciones UdeM y MA está en concordancia con los datos reportados por RedAire para PST. • Las especies <i>Canoparmelia sp.</i> y <i>P. austrosinense</i> (Zahlbr.) Hale. podrían ser usadas como bioindicadores de buena calidad del aire en el Valle de Aburrá. • El urapan (<i>F. chinensis</i> Roxb.) es la especie arbórea portante más adecuada para estudios de calidad del aire que incluyan los líquenes como bioindicadores en el Valle de Aburrá. • Los caracteres morfológicos como tamaño, vigor, presencia de estructuras reproductivas, color y presencia de fracturas en los talos líquénicos son de gran valor para evidenciar las alteraciones en la calidad del aire del Valle de Aburrá. • El IPA y el factor Q mostraron ser parámetros importantes para estudios de líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en el Valle de Aburrá. | |
| Factor Q: Determina el grado de sensibilidad de las especies encontradas, asumiendo que la contaminación reduce la diversidad de las especies y que una especie es tanto más sensible cuanto más representativa sea en una estación donde hay mayor diversidad. | |
| Índice de Pureza Atmosférica (IPA): Asocia la riqueza de especies encontradas con los niveles de contaminación de las estaciones de estudio. | |

Nota Fuente: Jaramillo MM, & Boter LR. Comunidades líquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburrá. *Gestión y ambiente*;2010;13:97-110.

*Adaptado por el autor.

En lo relacionado con la exposición a contaminantes intramurales, se han llevado a cabo investigaciones donde se ha evidenciado que el cambio tecnológico en estufas que utilizan leña, disminuye los niveles de exposición de las amas de casa en un 88% (Cárdenas, 2012), así como establecer que la exposición a humo de tabaco y la contaminación extramuros aumentan el riesgo de enfermedad pulmonar hasta en un 127% (Díaz, 2010). También se evidenció una correlación positiva entre PM₁₀ interior y exterior, siendo factores que aumentan el riesgo de afectación de la función pulmonar (Montoya y Zapata, 2010).

Tabla 4.30. Resumen de la investigación Exposición a material particulado de un grupo similar de exposición de amas de casa que utilizan leña como combustible para la cocción de alimentos en la vereda Palmitas del municipio de El Santuario, durante el primer semestre del año 2012 Colombia.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Exposición a material particulado de un grupo similar de exposición de amas de casa que utilizan leña como combustible para la cocción de alimentos en la vereda Palmitas del municipio de El Santuario, durante el primer semestre del año 2012 Colombia, 2012, | |
| Lugar: Palmitas, Antioquia | Autor/año: Cárdenas Jhon Jaime, Lenis Juan Fernando, Amaya Luis Fernando; 2012 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Material Particulado |
| Objetivo: Determinar la exposición a material particulado respirable para un grupo similar de exposición de amas de | |

| |
|---|
| <p>casa seleccionadas que utilizan fogón tradicional de leña o estufas eficientes en la zona de la vereda palmitas</p> <p>Resultados: El cambio tecnológico de estufas tradicionales a estufas eficientes disminuye los niveles de exposición de material particulado respirable en las amas de casa en un porcentaje mayor igual a 88.8%.</p> |
|---|

Nota Fuente: Cárdenas JJ, Lenis JF, & Amaya LF. Exposición a material particulado de un grupo similar de exposición de amas de casa que utilizan leña como combustible para la cocción de alimentos en la vereda Palmitas del municipio de El Santuario, durante el primer semestre del año 2012 Colombia [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2012.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.31.Resumen de la investigación Evaluación de los efectos del tabaquismo y la contaminación ambiental en la función pulmonar de adultos.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Evaluación de los efectos del tabaquismo y la contaminación ambiental en la función pulmonar de adultos | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Paula Andrea Díaz Valencia; 2010 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Analizar el efecto de la contaminación atmosférica y el tabaquismo sobre la función pulmonar de una población adulta. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La función pulmonar disminuye en los fumadores (VEF1/CVF<80%) en mayor proporción que en los no fumadores, observándose un exceso de riesgo de 54% (RR. 1,54 IC 95% 1,13-2,11) relación que permanece significativa al ajustar por contaminación (RRMH 1,44 IC 95% 1,05-17,97). • Las personas expuestas a un mayor nivel de contaminación ambiental (PM₁₀ 60 µg/m³) presentan una mayor proporción de disfunción pulmonar que los que se exponen a ambientes menos contaminados (PM₁₀ 30 µg/m³); esta relación mostró un exceso de riesgo de 61% en las personas expuestas en relación a los que se exponen de manera regular a niveles más bajos de PM₁₀ (RR. 1,61 IC95% 1,17-2,21), además la relación permanece estable cuando se ajusta por el riesgo de fumar con el método de análisis estratificado de Mantel y Hanzel (RRMH 1,52 IC 95% 1,11-2,08). • Cuando los sujetos se exponen a ambos riesgos, el exceso de riesgo es del 127% (RR 2,27 IC 95% [1,44-3,59]. χ^2 14,2 p. 0,00). | |

Nota Fuente: Díaz PA. Evaluación de los efectos del tabaquismo y la contaminación ambiental en la función pulmonar de adultos [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2010.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.32.Resumen de la investigación Contaminación extra e intradomiciliaria por material particulado respirable y su relación con la función pulmonar La Sierra-Puerto Nare.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Contaminación extra e intradomiciliaria por material particulado respirable y su relación con la función pulmonar La Sierra-Puerto Nare, Antioquia 2010 | |
| Lugar: Puerto Nare, Antioquia 2010 | Autor/año: Montoya Rendón María Luisa, Zapata Saldarriaga Patricia; 2010 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Material Particulado |
| Objetivo: Explorar la relación entre niveles de PM ₁₀ intra y extradomiciliarios y función pulmonar | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La concentración de PM₁₀ promedio al interior de las viviendas fue de 0,096 mg/m³, y exterior 0,083 mg/m³. En el 25% de las espirometrías el VEF1 fue de 74% o menos. La correlación entre PM₁₀ interior y exterior fue positiva, 0,197 (p=0,029) y entre PM₁₀ interior y velocidad del viento negativa -0,215 (p=0,017). No se encontró relación entre VEF1 y PM₁₀. • Se encontró que aunque débilmente, el PM₁₀ interior se correlacionó significativamente con PM₁₀ exterior. | |

Nota Fuente: Montoya ML, & Zapata P. Contaminación extra e intradomiciliaria por material particulado respirable y su relación con la función pulmonar La Sierra-Puerto Nare, Antioquia. I Congreso Internacional y del Caribe en Salud Ambiental y Ocupacional: Salud, Trabajo y Ambiente. Medellín: Universidad de Antioquia;2010.

*Adaptado por el autor.

Finalmente, se han adelantado estudios que cuantifican los efectos de la contaminación del aire en la salud de la población que reside en el Área Metropolitana del Valle de Aburra, donde podemos destacar los siguientes resultados:

- La calidad del aire en Medellín y su área metropolitana, desde el punto de vista del material particulado respirable, no es buena y debe estar generando consecuencias indeseables en la salud de sus habitantes. Las concentraciones de partículas en suspensión total ubicadas a las distancias habituales que utiliza la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Valle de Aburrá, efectivamente registran valores cercanos a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (80-160 m y encima de edificaciones) tal y como se observa en la mayoría de los promedios que se reportan para el área central de Medellín y a lo largo de la vía de la autopista en la región central de Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta y Bello. Las concentraciones de material particulado son más altas a medida que se ubican más cerca de la calle, es decir, más próximas a las fuentes móviles. Los valores ascienden con la proximidad de los vehículos a niveles de 150, 200 y hasta 400 y $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la ubicación más cercana, es decir en las aceras a la altura de los transeúntes.

Para otros contaminantes primarios y secundarios las concentraciones son más bajas, aunque también implican un riesgo para la salud de las personas que viven o trabajan en sitios de alta densidad vehicular e industrial. Desde hace 27 años se ha observado en Medellín un aumento de la mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas y cáncer de pulmón; se ha estimado que un aumento de la mortalidad del 80% se asocia a un gradiente de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} (Martínez et al., 2007b), también se calculó que por cada incremento de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PST por año, se aumenta la tasa de mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas en 0,26 muertes por cada 100.000 habitantes (Bolívar y Jaramillo, 2012).

- Se ha evidenciado un exceso de riesgo de sufrir fenómenos obstructivos pulmonares entre trabajadores expuestos a contaminación atmosférica frente a los no expuestos del 68% [RR 1.68 IC (1.19-2.36)] (Muñoz AM, 2006). Las personas que habitan en el área urbana del Valle de Aburra tienen un exceso de síntomas respiratorios con respecto a las personas del grupo menos expuesto (Martínez E, 2011); esto se ha corroborado mediante la existencia de una correlación positiva entre contaminación por material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$) y consultas por enfermedades respiratorias (Gaviria, 2011).
- Durante el año 2009, en los municipios de Remedios, Segovia, Zaragoza, El Bagre, y Nechí del Departamento de Antioquia, se realizaron mediciones de las concentraciones de Mercurio (Hg) en el aire intra y extramural, resultado de los procesos de obtención de oro mediante amalgamación, donde en frente de los “entables” o en las tiendas de oro, las concentraciones de Hg presentaron rangos de 2000 a $10000 \text{ ng de Hg}/\text{m}^3$, mientras niveles

de 10000 ng/m³ fueron medidos frente a un colegio en un lugar llamado La Cruzada. Dentro de los “entables”, cuando los “cocos” están moliendo mineral de oro con Hg, el aire puede alcanzar niveles de 1 millón de ng/m³. Dentro de las tiendas de compra de oro, cuando las amalgamas no están siendo quemadas, los niveles en el aire pueden alcanzar concentraciones de 200000 ng/m³ o cuando se midió en la nariz de un operador en una fundición, la concentración fue de 60000 ng/m³. Es importante resaltar que la OMS establece un límite máximo permisible de 1000 ng/m³, valor que fue excedido constantemente en las mediciones realizadas. La universidad de Antioquia dirigió una investigación toxicológica en los niños de Segovia y concluyo que más del 70% de los niños muestran señales de alteración psicológica causada probablemente por exposición a largo término a vapores de mercurio (Veiga, 2010).

- Se ha observado un aumento en las alteraciones neuropsicológicas en niños que cursan primaria y bachillerato en el municipio de Segovia, donde la exposición a vapores de mercurio es la causa del evento (Vargas, 2011).
- Zonas donde se presenta una alta densidad de vías y un alto tráfico vehicular presentan una alta incidencia de enfermedad cardiorespiratoria (Franco, 2012).

Los resúmenes de las investigaciones citadas anteriormente se presentan a continuación:

Tabla 4.33. Resumen de la investigación Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Muñoz Ana María; Quiroz Palacio Carlos Mario; Paz John Jairo, 2006 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Contaminantes criterio del aire |
| Objetivo: Evaluar las diferencias en salud entre grupos de trabajadores expuestos y no expuestos o menos expuestos a contaminación ambiental. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Las concentraciones de PST y PM₁₀ se encuentran por encima de los 100 µg/m³. • Los más expuestos a contaminantes ambientales manifestaron sufrir con más frecuencia ardor en los ojos, congestión nasal, dificultad respiratoria, garganta irritada, tos, estornudos y dolor de cabeza que los menos expuestos, encontrándose diferencias significativas en estos signos y síntomas. • Los no expuestos tienen una mejor relación VEF1/CVF, en un 3,1%. • Se evidencio un exceso de riesgo de sufrir fenómenos obstructivos pulmonares entre los expuestos frente a los no expuestos del 68%. RR 1.68 IC (1.19-2.36). | |

Nota Fuente: Muñoz AM, Quiroz CM, & Paz JJ. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición. Revista Facultad Nacional de Salud Pública;2006;25:85-94.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.34. Resumen de la investigación Contaminación Atmosférica y efectos en la Salud de la población de Medellín y su área metropolitana.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Contaminación Atmosférica y efectos en la Salud de la población de Medellín y su área metropolitana. | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Elkin Martínez López, Carlos Mario Quiroz, Fernando Daniels Cardozo, Alexandra Montoya Espinosa. 2007 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: O ₃ , NO _x , SO _x , CO, PM ₁₀ |
| <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para el periodo de 2001 a 2006 se analizaron diferentes contaminantes del aire, los cuales presentaron el siguiente comportamiento: <p>PST: Las concentraciones de PST son, en general, más altas en los municipios centrales del Valle de Aburrá los cuales son también más populosos (Medellín, Envigado, Itagüí y Bello) y son gradualmente más bajas a medida que los municipios se ubican más periféricamente, en áreas con menor densidad poblacional y urbanística (La Estrella, Caldas, Barbosa). Los promedios diarios varían desde 50 µg/m³ en localidades periféricas, hasta 140 µg/m³ en áreas urbanas de Medellín.</p> <p>Comportamiento semanal: Presentan niveles promedio de 80 µg/m³ para días “limpios” los domingos y festivos, los valores en sábado alcanzan 90 - 100 µg/m³ y en días laborales de semana ascienden a promedios por encima de 110 µg/m³.</p> <p>Comportamiento Anual: Se observa que la concentración viene aumentando en los últimos años a razón de 3-5 µg/m³ por año.</p> <p>PM₁₀: Se tienen variaciones similares a PST con el valor más bajo en la localidad más alejada hacia el Norte (35 µg/m³) hasta valores cercanos a 100 µg/m³ en los municipios más urbanizados ubicados en el centro del Valle de Aburrá.</p> <p>Los niveles de PM₁₀ medidos a la altura de las personas y en lugares públicos a los cuales ellas acceden regularmente muestran niveles promedios que varían entre 35 y 94 µg/m³ para los diferentes municipios del área metropolitana.</p> <p>Los valores promedios registrados varían entre 28 y 124 µg/m³, con promedio de 65,3 µg/m³. La tendencia de los valores de concentración es hacia un aumento gradual con gradiente para 3 años de 6 - 8 µg/m³. Mediciones actualizadas (2007) permiten registrar valores promedios diarios de 80 - 100 µg/m³ y variaciones diarias que no descienden por debajo de 30 - 40 µg/m³ y que alcanzan a subir hasta 200 - 300 µg/m³ en los momentos de alta densidad vehicular.</p> <p>Comportamiento diario: Los valores basales en la mañana están alrededor de 40 µg/m³ y ascienden durante los momentos más críticos a valores tan altos como 170 - 180 µg/m³ en la mañana y hasta 200 - 210 µg/m³ en la tarde.</p> <p>Comportamiento semanal: Presentan un ciclo semanal idéntico en su perfil al ciclo de las PST. Los valores más bajos (30 - 50 µg/m³) se registran domingos y festivos, y los valores más altos 60 – 80 µg/m³ en los días laborales de la semana, con un discreto incremento para los días jueves y viernes.</p> <p>Comportamiento Anual: Exhiben una tendencia al aumento en las series estudiadas para las estaciones de la región central del valle. El aumento ocurre a razón de 2 - 3 µg/m³ por cada año.</p> <p>Monóxido de Carbono: Los niveles promedio octohorarios en el área metropolitana varían desde valores mínimos muy cercanos a cero hasta valores de 6 – 7 ppm, con promedios cercanos a 2 ppm. Para el año 2007, los valores siguen oscilando entre 2 y 7 ppm, pero ocasionalmente presentan picos por encima del límite de precaución</p> | |

establecido por las normas octohorarias, lo cual ocurre principalmente en sitios de alta densidad vehicular dentro del entorno urbano, tales como el centro de la ciudad y algunos cruces de tránsito vehicular periféricos.

Comportamiento diario: Se evidencia una variación cíclica bimodal con mínimos alrededor de 5 ppm (partes por millón) y máximos de 15 - 18 ppm. Se observa una serie que comienza a mostrar un descenso muy discreto a razón de 1 – 2 ppm por año.

Ozono: Los niveles en el área metropolitana varían desde cero hasta 47 ppb, con promedio de 17 ppb. Los datos más recientes obtenidos con las estaciones móviles automáticas (2007) permiten evidenciar que en diversos sitios de la ciudad y cada vez con mayor frecuencia se presentan episodios de elevación del Ozono que superan la norma horaria (60 ppb) y la norma octoraria (40 ppb). Los valores basales están durante las horas de la mañana, en la tarde y la noche en concentraciones bajas entre 3 – 5 ppb y alcanza su valor más alto de 80 – 100 ppb entre las 12 m y las 2 pm con la máxima luminosidad del día.

Óxidos de Nitrógeno: Las concentraciones en el área metropolitana varían desde 2 hasta 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un promedio de 39.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para el tiempo más reciente (2007), una leve tendencia al ascenso con valores que se inician en 35 - 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y que avanzan en el transcurso de 3 años hasta 42 - 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se observa una tendencia al aumento a razón de 4 – 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por año.

Óxidos de Azufre: Las concentraciones promedio en el área metropolitana varían desde 0.1 hasta 50.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un promedio de 10.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La tendencia de este contaminante es a la estabilidad o bien al descenso moderado, al menos en el transcurso de los últimos años los valores varían desde concentraciones iniciales de 10-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta valores más bajos de 5-8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se insinúa en algunas estaciones una leve tendencia al descenso a razón de 1 – 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por año.

- En relación con la mortalidad, los datos de los últimos 25 años revelan un aumento del número de muertes por enfermedades respiratorias crónicas y por cáncer de pulmón. Los datos revelan un aumento de la mortalidad del 80% asociado a un gradiente de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , así que para Medellín también se cumple la relación causa - efecto reportada en la literatura científica mundial.
- Todos los indicadores espirométricos fueron significativamente más bajos en las personas que viven y trabajan expuestas a mayores niveles de contaminación atmosférica (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en comparación con quienes respiran un aire más limpio (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). El flujo espiratorio promedio (MMEF) y el flujo espiratorio al 50% de la capacidad vital (MEF50) presentan diferencias a favor de las personas que respiran aire más limpio cercano al 12%.

Los flujos espiratorios al 25 y 75 % de la capacidad vital, igual que el flujo espiratorio forzado al tiempo .5 segundos, revelan diferencias cercanas al 10% que se asumen atribuibles a una exposición crónica al material particulado respirable con un gradiente de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (60-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). El volumen espiratorio forzado el primer segundo (VEP1) y la capacidad vital (CV) difieren entre los grupos en proporciones muy próximas al 8%. Las variables más clásicas de la capacidad ventilatoria del individuo muestran diferencias entre los grupos comparados. La capacidad vital (CV) tiene un promedio de 3,50 litros en la población del área metropolitana, en tanto que el promedio es de 3,73 litros para los habitantes del oriente antioqueño. El volumen espiratorio forzado muestra un contraste similar en los promedios, 2.88 y 3.13 respectivamente. La prueba más indicativa de alteraciones funcionales, es decir, la prueba de Tiffeneau o proporción de volumen espiratorio forzado de un segundo, muestra una clara diferencia en perjuicio de quienes respiran un aire contaminado cuyo promedio de 81.8 es significativamente menor que el promedio de 84.2 correspondiente al grupo control.

- Cuando se compara la proporción de personas que tiene un % VEF < 80 con un indicador temprano de riesgo para enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en relación con el nivel de exposición al material particulado en el aire, se hace evidente el exceso de riesgo para quienes están más expuestos RR 1.64 IC 95% (1.19-2.45).
- Las personas del grupo expuesto (PM_{10} 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y que viven y trabajan en las áreas urbanas del Valle de Aburrá tienen un exceso de signos y síntomas respiratorios con respecto a las personas del grupo menos expuesto (PM_{10} 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), es decir, quienes viven y trabajan en el altiplano del oriente antioqueño. La congestión nasal, la dificultad respiratoria y la tos son los síntomas que se presentan en un mayor contraste con riesgos relativos de 2.60 IC95% (1.93, 3.62); 2.22 IC95% (1.56, 3.15) y 2.14 IC95% (1.63, 2.81)

- respectivamente. Los estornudos, el ardor en los ojos y la garganta irritada son síntomas que aparecen con excesos cercanos al 80%, en todos los casos con riesgos relativos altamente significativos.
- Los episodios de asma también revelan un exceso para los residentes de áreas más contaminadas en un 45%, lo cual resulta de importancia clínica, así como la frecuencia de resfriados que se reportan con un exceso del 30%, RR 1.45 IC95% (0.87, 2.43) y RR 1.30 IC95% (0.89, 1.92).
 - Los habitantes del valle del río Medellín o población expuesta presentan excesos de síntomas neurosicológicos en comparación con sus paisanos residentes en el oriente antioqueño y quienes respiran un aire más limpio. La angustia, el agotamiento y la depresión aparecen como los síntomas que demuestran un mayor contraste, con excesos de 80 - 90% en la población expuesta. Los riesgos relativos y sus correspondientes intervalos de confianza al 95% son: 1.90 (1.48, 2.45); 1.88 (1.55, 2.29) y 1.81 (1.26, 2.60).
 - Las tasas de mortalidad por cáncer de pulmón en Medellín ascienden desde 11.8 por 100 mil habitantes en 1980 hasta 20.3 en el año 2004 (aumenta un 90 % en 25 años). También la mortalidad por cáncer de pulmón en el oriente muestra un leve ascenso durante el mismo período. Las cifras van desde 5.9 hasta 13.1. Los 7260 casos de muerte en Medellín por cáncer de pulmón, en un seguimiento de 44'534.450 años - persona, contrastan con los 513 de la región de oriente en un seguimiento de 5'656.717 años - persona. Las tasas de mortalidad global por esta causa representan 16.3 y 9.1 por 100.000 hab respectivamente. El Riesgo Relativo RR alcanzó el valor de 1.80 IC 95 % (1.65, 1.96).
 - La mortalidad por cáncer de pulmón está claramente asociada con una mayor exposición al material particulado. Un incremento en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} estaría asociado con un incremento hasta del 20 % en las muertes por esta enfermedad. La tendencia señala un crecimiento en los últimos años a razón de 16 % por cada 5 años. La pendiente encontrada sugiere que por cada incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se aumenta la tasa de mortalidad por cáncer de pulmón en 1.26 muertes por cada 100 mil habitantes.

Nota Fuente: Martínez E, Quiroz CM, Daniels F, & Montoya A. Contaminación Atmosférica y efectos en la salud de la población de Medellín y su área metropolitana. Medellín: Universidad de Antioquia, Alcaldía de Medellín, Alcaldía de Itagui, & Área Metropolitana del Valle de Aburra;2007b.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.35. Resumen de la investigación Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental, Colombia, 2008-2009 | |
| Lugar: Segovia, Antioquia | Autor/año: Mónica L. Vargas; Carlos M. Quiroz. 2011 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Vapor de Mercurio |
| Objetivo: Establecer la prevalencia de alteraciones neuropsicológicas en lenguaje, memoria, funciones ejecutivas y atención de los escolares entre segundo grado de primaria y noveno grado de bachillerato del municipio de Segovia, Antioquia. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • El 98,5% de los escolares de segundo de primaria a noveno grado de bachillerato en Segovia presentó alteración en alguna de las funciones cognitivas evaluadas. Se encontró que porcentajes superiores al 50% de los escolares de Segovia presentaron alteraciones relacionadas con la comprensión del lenguaje, alteraciones en las funciones ejecutivas de búsqueda, clasificación de la información y de inhibición de la respuesta automática y atención. Se observó también que entre el 31,1 y el 43,9% de los escolares presentaron alteraciones en la fluidez verbal semántica y en la memoria verbal a corto y largo plazo. La memoria visual y la atención auditiva son las funciones cognitivas en las cuales se encontró un menor porcentaje de escolares con alteración de ellas. • El 81,7% de los escolares (hombres) presentó alteraciones en la comprensión del lenguaje en relación con 78,1% de mujeres. Según edades, aunque en los escolares de 7 a 8 años se observó una prevalencia del 65%, esta es baja si se compara con los escolares entre 9 y 18 años, en los cuales el rango de prevalencia de problemas en la comprensión se encontró entre 80 y 82,5%. Con respecto a los grados escolares, en todos se observaron prevalencias superiores al 69%, con quinto de primaria como el curso donde un porcentaje mayor de | |

estudiantes (94,1%) tuvo problemas en la ejecución adecuada del *token test*.

- **Lenguaje: fluidez verbal semántica.** Según edades, los escolares entre 15 y 18 años fueron los que obtuvieron el mayor porcentaje de puntuaciones inferiores a lo esperado (55%) y los escolares entre 7 y 8 años, los que presentaron el menor porcentaje (40%). Con respecto a los grados, los escolares de segundo de primaria presentan el mayor porcentaje de personas con alteración en su fluidez verbal (55,6%). En los grados entre tercero y octavo se observaron prevalencias entre el 40 y el 43%, y noveno fue el grado escolar donde se obtuvo el menor porcentaje: 30%.
- **Funciones ejecutivas: estrategias de búsqueda y clasificación de la información.** El 78,1% de las escolares presentó alteración en esta función frente al 76,8% de los escolares. El 91,2% de los escolares de quinto de primaria obtuvieron puntajes inferiores a los esperados, y en todos los grados la prevalencia de alteraciones en esta función es superior al 60%, a excepción de los escolares de noveno grado, con un porcentaje del 30%. En relación con la edad, se destacó el grupo de escolares entre 9 y 10 años, que alcanzó una prevalencia del 88.9%. Es importante resaltar que en todos los grupos de edad, la prevalencia fue igual o mayor al 50%.
- **Funciones ejecutivas: procesos inhibitorios de respuestas automáticas y atención visual.** La prevalencia de alteraciones es mayor en las mujeres (53,5%) que en los hombres (51,2%). Quinto de primaria es el grado escolar donde se encontró un mayor porcentaje de estudiantes con problemas en esta función (67,6%) y noveno, el de menor porcentaje (30%). En relación con la edad, los escolares entre 11 y 12 años presentan la mayor proporción: 61,4%.
- **Memoria verbal a corto plazo.** Según sexo, la prevalencia fue mayor en los escolares hombres (40,2%) que en las escolares (37,7%); según grupos de edad, es mayor en los escolares entre 7 y 8 años (50%) y, según grado de escolaridad, el 55,6% de los escolares de segundo de primaria y el 52,2% de los de cuarto de primaria presentaron alteración en esta función.
- **Memoria verbal a largo plazo.** Según sexo, la prevalencia fue mayor en los escolares hombres (36,6%) que en las escolares (27,2%). Según grupos de edad y grados de escolaridad, la prevalencia fue mayor al 20% en todos. Cabe resaltar que el 45% de escolares entre 7 y 8 años y el 44,4% de los escolares de segundo de primaria fueron los que presentaron la mayor prevalencia de alteración en esta función.

Observaciones: Se realizó un estudio transversal analítico. La muestra estuvo conformada por 196 estudiantes de una población escolarizada de 4.180, de los grados segundo de primaria a noveno de bachillerato del municipio de Segovia, Antioquia en el período 2008-2009.

Nota Fuente: Vargas ML, & Quiroz CA. Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental, Colombia, 2008-2009. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 2011;29:461-468.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.36. Resumen de la investigación Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Elkin Martínez, Carlos M. Quiroz, Jessica A. Rúa. 2011 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Material particulado |
| Objetivo: Explorar la morbilidad por causas respiratorias en dos poblaciones similares en sus variables sociodemográficas que viven y trabajan en ambientes en los que están expuestos a diferentes niveles de contaminación. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Las personas del grupo más expuesto (PM₁₀ 60 µg/m³) que habitan las áreas urbanas del Valle de Aburrá tienen un exceso de síntomas respiratorios con respecto a las personas del grupo menos expuesto (PM₁₀ 30 µg/m³), quienes habitan en el altiplano del oriente antioqueño. • En las zonas urbanas de Medellín se registra un mayor riesgo de signos y síntomas respiratorios con respecto al grupo control. La congestión nasal, la dificultad respiratoria y la tos son los síntomas que se presentan en un mayor contraste con riesgos relativos de 2,60 IC 95% (1,93-3,62); 2,22 IC 95% (1,56-3,15) y 2,14 IC95% (1,63- | |

2,81), respectivamente.

Nota Fuente: Martínez E. Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. Revista Facultad Nacional de Salud Pública;2011;29:454-460.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.37. Resumen de la investigación Contaminación por material particulado (PM_{2,5} y PM₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Contaminación por material particulado (PM _{2,5} y PM ₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009) | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Gaviria G Carlos F; Benavides C Paula C; Tangarife Carolina A.; 2011 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM _{2,5} y PM ₁₀ |
| Objetivo: Presentar evidencia estadística de la relación positiva entre contaminación por PM _{2,5} , PM ₁₀ y las consultas externas y por urgencia debidas a enfermedades respiratorias (asma, bronquitis, infecciones, rinitis). | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los modelos estimados por grupo de enfermedades y total de enfermedades confirman que existe una correlación positiva entre contaminación por material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) y consultas por enfermedades respiratorias. Los coeficientes en cada uno de los modelos estimados evidencian un efecto superior de PM₁₀ que por PM_{2,5}. | |

Nota Fuente: Gaviria CF, Benavides PC, & Tangarife C. Contaminación por material particulado (PM_{2,5} y PM₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). Revista Facultad Nacional de Salud Pública;2011;29:241-250.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.38. Resumen de la investigación Niveles de material particulado y mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas Medellín.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Niveles de material particulado y mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas Medellín 1980 – 2006 | |
| Lugar: Medellín, Antioquia | Autor/año: Bolívar Mejía Natalia, Jaramillo Deossa Leidy Johanna; 2012 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Material Particulado |
| Objetivo: identificar la posible relación entre los niveles de material particulado y la mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas en Medellín 1980 - 2006. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> En Medellín, las muertes por enfermedades respiratorias crónicas vienen aumentando en el transcurso de los últimos 27 años, a razón de un incremento de 28 casos por cada año (IC 95% 25 – 31), la tasa aumenta a razón de 1,14 por año por cada 100.000 habitantes (IC 95%0,98–1,30). La mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas en Medellín excede a los municipios del Oriente Antioqueño en un 27% RR 1,27 (IC 95 1.21 – 1,34). Además, por cada incremento de 1 µg/m³ de PST por año, se aumenta la tasa de mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas en 0,26 muertes por cada 100.000 habitantes. | |
| Observaciones: Estudio analítico, ecológico y longitudinal. Se compararon dos poblaciones con distintos niveles de exposición a la contaminación atmosférica por material particulado. Medellín (PM ₁₀ 60 µg/m ³) y Oriente antioqueño (PM ₁₀ 30 µg/m ³). | |

Nota Fuente: Bolívar N, & Jaramillo LJ. Niveles de material particulado y mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas Medellín 1980 – 2006 [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2012.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.39. Resumen de la investigación Análisis espacio-temporal de la morbilidad asociada a la contaminación atmosférica en el municipio de Itagüí.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Análisis espacio-temporal de la morbilidad asociada a la contaminación atmosférica en el municipio de Itagüí. | |
| Lugar: Itagüí, Antioquia | Autor/año: Franco Piedradita María Cristina; 2012 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Definir las áreas con prioridad de intervención desde las políticas públicas en el municipio de Itagüí. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • El análisis espacial evidencia que el municipio de Itagüí presenta áreas con gran incidencia de Enfermedad Cardiorespiratoria (ECR), donde se requiere atención tanto en el mejoramiento de sus condiciones socio-económicas como en el mejoramiento de la calidad ambiental. • La concentración del sector industrial en el oriente del municipio y la predominancia de los vientos en sentido noroccidente hacen que se genere una incidencia mayor de la morbilidad hacia el occidente del municipio. Las zonas donde se presenta una alta densidad de vías y un alto tráfico vehicular presentan alta incidencia de ECR. | |

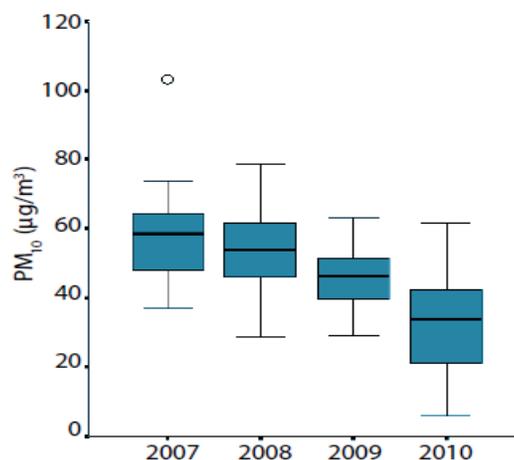
Nota Fuente: Franco MC. Análisis espacio-temporal de la morbilidad asociada a la contaminación atmosférica en el municipio de Itagüí [Tesis]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2012.

*Adaptado por el autor.

4.5.1.2. Caldas y Risaralda: Manizales y Pereira

CORPOCALDAS es la Autoridad Ambiental que opera el SVCA en la ciudad de Manizales. Según información del IDEAM, durante el periodo de 2007 a 2010, las medianas 24 horas de PM₁₀ se encontraron por debajo de los 60 µg/m³. Se observó una tendencia a la disminución de la concentración a partir de 2007, año en el cual el promedio fue de 57 µg/m³ hasta un valor promedio de 32,5 µg/m³ en el año 2010 (Figura 4.4) (IDEAM, 2012a).

Figura 4.4. Concentración promedio de PM₁₀ (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCALDAS



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007 – 2010. Informe. Bogotá DC: IDEAM; 2012

En la ciudad de Manizales se han realizado investigaciones tendientes a diagnosticar la calidad del aire intra y extramural, además de la presencia de lluvia acida, como de metales pesados en el material particulado; las conclusiones más relevantes se citan a continuación:

- En la ciudad de Manizales se identificaron concentraciones de Mercurio, Níquel, Cromo, Plomo y Cadmio, que no exceden los valores guía de la OMS y la Agencia de Protección Ambiental (USEPA) de Estados Unidos (Velasco, 2005).
- Durante los meses de noviembre de 2009 a marzo de 2010, se llevaron a cabo en la ciudad de Manizales mediciones intramurales de Monóxido de Carbono (CO) y PM_{2.5}, en diferentes microambientes (vivienda, oficina e institución educativa). Para CO se registraron concentraciones horarias que oscilaron entre 1 a 3 ppm en una oficina y un colegio, con máximos horarios de 2 ppm, los cuales tenían como fuente la presencia de personas en estos recintos; cuando la medición fue realizada en hogares, se registraron valores horarios entre 0 a 55 ppm, con máximos horarios de 10, 15 y 55 ppm, que se presentaban cuando se encendía el calentador de agua y las ventanas del cuarto de ropas y cocina se encontraban cerradas; cabe resaltar que estas últimas mediciones excedían los límites recomendados por la OMS (8 horas = 10 ppm, 1 hora = 25 ppm). En cuanto a las concentraciones horarias de PM_{2.5}, se encontró que en una vivienda y un colegio, los niveles horarios se ubicaron entre 0 a 160 µg/m³, con valores máximos horarios en la vivienda de 45, 55, 70, 95, 110 y 160 µg/m³, que tenían como fuente la cocción de alimentos y en el colegio concentraciones de 35 y 100 µg/m³, que tenían como origen la presencia de personas en el recinto y actividades de aseo en el salón de clase, respectivamente; estos valores exceden los límites recomendados por la OMS (24 horas = 25 µg/m³, anual = 15 µg/m³) (UNIANDES, 2010).
- Las concentraciones anuales de PM₁₀ registradas en los puntos de monitoreo de Manizales cumplen la norma anual de la Resolución 610 de 2010, pero exceden el valor guía establecido por la OMS; se midieron concentraciones de dioxinas y furanos, las cuales registraron valores similares a los encontrados en zonas rurales y urbanas con influencia de actividades antropogénicas (González CM, 2012a); la lluvia acida en Manizales tiene un valor promedio de 4,9 unidades de pH (González CM, 2012b).

Tabla 4.40. Resumen de la investigación La calidad del aire asociado con metales pesados en la ciudad de Manizales.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: La calidad del aire asociado con metales pesados en la ciudad de Manizales | |
| Lugar: Manizales, Caldas | Autor/año: Velasco García Mauricio, 2005 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: PST, PM ₁₀ y Metales pesados |
| Objetivo: Realizar el análisis de la calidad del aire asociado con metales pesados en la ciudad de Manizales | |
| Resultados: | |

- Las concentraciones diarias de partículas suspendidas totales en Manizales se ubicaron entre los 28-123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que las de PM_{10} se localizaron entre los 41 a 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Las concentraciones de metales pesados en el material particulado fueron las siguientes: Mercurio (0,241 a 0,577 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Niquel (0,008 a 0,031 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Cromo (0,008 a 0,086 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Plomo (0,06 a 0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Cadmio (0,006 a 0,008 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Los valores registrados no superan los valores guía de la OMS y la EPA.

Nota Fuente: Velasco M. La calidad del aire asociado con metales pesados en la ciudad de Manizales [Tesis]. Manizales: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales;2005.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.41. Resumen de la investigación Calidad del aire en la zona centro y oriente de la ciudad de Manizales: influencia del material particulado (PM_{10}) y lluvia ácida

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Calidad del aire en la zona centro y oriente de la ciudad de Manizales: influencia del material particulado (PM_{10}) y lluvia ácida | |
| Lugar: Manizales, Caldas | Autor/año: Gonzales Duque Carlos Mario, 2012 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: PM_{10} , dioxinas y furanos |
| Objetivo: Evaluar la calidad del aire y el efecto de las variables meteorológicas en la zona centro y oriente de Manizales, determinando los niveles de contaminación atmosférica por PM_{10} y los contenidos de dioxinas, furanos y dl-PCBs en el material particulado. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los mayores niveles de PM_{10} fueron obtenidos en la zona centro de la ciudad con valores entre 22 y 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y una concentración media de 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales se asociaron principalmente al alto tráfico vehicular. En zonas de menor influencia de flujo vehicular se obtuvieron valores de PM_{10} entre 7 y 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Todas la estaciones registraron concentraciones promedio de PM_{10} por debajo de la norma Colombiana (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), pero exceden el valor guía de la OMS (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Los valores de PCDD/Fs (dioxinas y furanos) en PM_{10} estuvieron en un rango de 1 fg WHO-TEQ/m^3 a 52 fg WHO-TEQ (equivalente tóxico total)/m^3. Teniendo en cuenta la influencia de la composición hipotética de PCDD/Fs en la fracción gaseosa del aire, la ciudad presentó valores similares a los reportados en zonas rurales y zonas urbanas con influencia de actividades antropogénicas. Los mayores valores de PCDD/Fs fueron obtenidos en la zona centro de la ciudad, siendo este patrón equivalente para los niveles. | |

Nota Fuente: González CM. Calidad del aire en la zona centro y oriente de la ciudad de Manizales: influencia del material particulado (PM_{10}) y lluvia ácida [Tesis]. Manizales: Universidad Nacional Sede Manizales;2012a.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.42. Summary Acid rain and particulate matter dynamics in a mid-sized Andean city: The effect of rain intensity on ion scavenging

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Acid rain and particulate matter dynamics in a mid-sized Andean city: The effect of rain intensity on ion scavenging | |
| Lugar: Manizales, Caldas | Autor/año: C.M. González, B.H. Aristizábal |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Material Particulado |
| Objetivo: Analizar la lluvia acida en cuatro puntos diferentes dela ciudad de Manizales a lo largo de octubre de 2010 y abril de 2011. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se observó el fenómeno de lluvia ácida en Manizales, durante la campaña de muestreo con un valor promedio de 4,9 unidades de pH. Se encontraron valores altos de sulfatos en el agua de lluvia, comparado con la presencia de otros iones; los sulfatos tienen una influencia significativa de fuentes antropogénicas tales como las emisiones vehiculares, así como de fuentes naturales como la actividad volcánica. La química de las lluvias y el PM_{10} fueron bastante consistentes en los cuatro sitios de muestreo, que representandiversos escenarios de la densidad y topografía urbana. Todas las estaciones mostraron diferencias en el contenido de sulfato dentro del PM_{10} entre los periodos secos y húmedos, ilustrando la dinámica de la deposición de sulfatos. | |

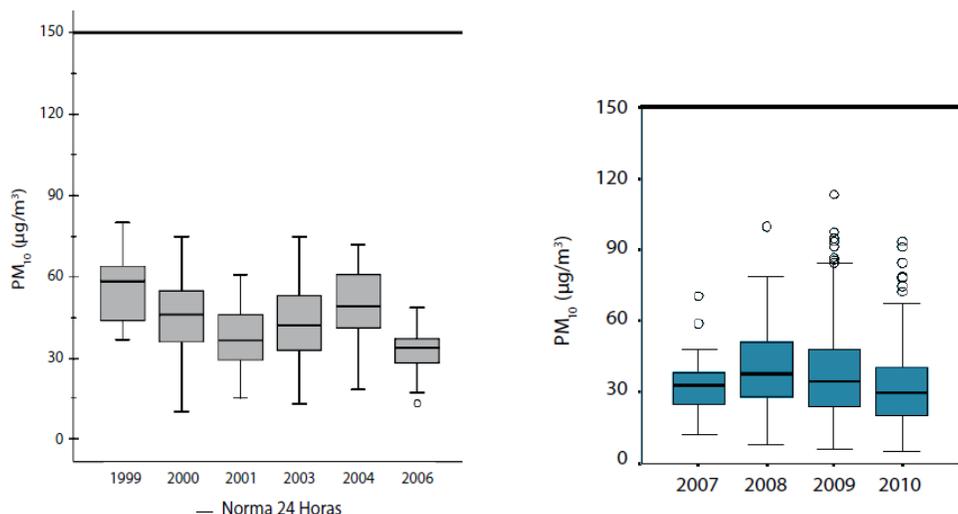
- La concentración de los iones evaluados en la lluvia fue la siguiente según orden de importancia: sulfatos (35.2-53.5 $\mu\text{eq/L}$) > calcio (14.6-17.3 $\mu\text{eq/L}$) > cloruros (3.5-5.1 $\mu\text{eq/L}$) > nitratos (2.1-3.1 $\mu\text{eq/L}$).
- Los principales componentes químicos del PM_{10} se relacionaron con la composición iónica del agua de lluvia a través de relaciones de deposición (RD). Una alta RD de sulfatos se asoció con la intensidad de lluvia, reflejando una mayor solubilidad de iones sulfato.
- Se encontró una contribución significativa de sulfatos (mayor del 50%) con respecto al total de iones en todas las estaciones, lo que sugiere contribuciones importantes de SO_2 , que podrían provenir de tres fuentes principales: las emisiones vehiculares, debido a los combustibles colombianos con elevado contenido de azufre, las emisiones industriales en el sureste de la ciudad, y las emisiones de gases de azufre de un volcán activo (Nevado del Ruiz), situado a 27 km al sureste de la ciudad.

Nota Fuente: González CM, Aristizábal BH. Acid rain and particulate matter dynamics in a mid-sized Andean city: The effect of rain intensity on ion scavenging. Atmospheric Environment 2012b;60:164-171.

*Adaptado por el autor.

En el Departamento de Risaralda la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), es la encargada de operar el SVCA dentro de su jurisdicción, que abarca los municipios de Dosquebradas, La Virginia, Santa Rosa y la ciudad de Pereira. Para el periodo de 1999 a 2010, las concentraciones promedio 24 horas de PM_{10} , no superaron el límite permisible establecido dentro de la normatividad vigente para estos años. Así mismo, las medianas de los primeros seis años presentaron valores entre 60 y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; por otro lado, las medianas en los últimos cuatro años disminuyeron progresivamente manteniéndose entre 30 y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 4.5) (IDEAM, 2012a).

Figura 4.5. Concentración promedio de PM_{10} (24 horas) en las estaciones del SVCA de CARDER



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007 – 2010. Informe. Bogotá DC: IDEAM;2012a.

Para NO_2 y SO_2 durante los meses de septiembre de 2008 y abril y mayo de 2009, se realizaron monitoreos diarios, de los cuales se obtuvieron concentraciones que no superaron el 20% de lo establecido en la norma, para un tiempo de exposición de 24 horas (IDEAM, 2012a).

En cuanto a contaminación del aire y sus efectos en salud, en la ciudad se caracterizó el PM₁₀, evidenciando la presencia de Silicio (15,86 µg/m³), Calcio (3,79 µg/m³), Hierro (0,37 µg/m³) y Vanadio (0,79 µg/m³), además de Plomo (0,28 µg/m³). En cuanto a los HAP's se encontró Antraceno (8,48 ng/m³), Dibenzo (a,h) Antraceno y Benzo (a) Pireno (1,92 ng/m³), este último excede el valor promedio anual establecido por la OMS (0,12 ng/m³) (ULS, 2008). Además se valoró el impacto de las fuentes móviles en la contaminación atmosférica; se estimó que por cada 1 µg/m³ de exposición anual a PM₁₀, se producen 1.974 casos de IRA al año, aumentando la tasa de morbilidad por IRA en un 0.52%. A partir de 23,17 µg/m³ se generan enfermos por IRA, siendo este valor un umbral de exposición para PM₁₀ (Martínez, 2012).

Tabla 4.43. Resumen de la investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT | |
| Lugar: Pereira, Risaralda. | Autor/año: Universidad de la Salle, 2008 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Resultados: <ul style="list-style-type: none"> Se registraron concentraciones de Silicio de 15,86 µg/m³, Calcio (3,79 µg/m³), Hierro (0,37 µg/m³) y Vanadio (0,79 µg/m³), además de Plomo (0,28 µg/m³). Las concentraciones de Carbono Orgánico (CO) fueron de 11,68 µg/m³. Las concentraciones de iones en la ciudad muestran ser regulares en cuanto a las concentraciones de Sulfatos (1,36 µg/m³) que resultan superiores a las de Nitratos (1,15 µg/m³); este comportamiento es típico y permite identificar la influencia del consumo de combustibles tanto en fuentes fijas, como en fuentes móviles. Las concentraciones de HAP's más elevadas fueron obtenidas para los componentes Antraceno (8,48 ng/m³), Dibenzo (a,h) Antraceno y Benzo (a) Pireno (1,92 ng/m³), este último excede el valor promedio anual establecido por la OMS (0,12 ng/m³). El resultado obtenido para CO muestra que existe un aporte significativo de fuentes biogénicas y material de re-suspensión. Así mismo, aporte de Nitratos, Sulfatos y Amonio reflejan la presencia de procesos de combustión generados por las actividades industriales y el tráfico automotor y el Calcio, por aportes de material geológico. Es importante resaltar que la ciudad de Pereira representa un bajo aporte por fuentes móviles al Material Particulado, lo que es probablemente consecuencia del menor flujo vehicular o una mejor calidad en el combustible, y en este sentido es necesario mencionar que el punto de monitoreo estaba cerca al sistema masivo de transporte "MEGABUS", que emplea una mejor calidad de combustible en su buses articulados. | |

Nota Fuente: [ULS] Universidad de la Salle. Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas (Contrato 2062394). Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT);2008.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.44. Resumen de la investigación Modelo de valoración ambiental del impacto de la contaminación atmosférica por fuentes móviles en el municipio de Pereira.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Modelo de valoración ambiental del impacto de la contaminación atmosférica por fuentes móviles en el municipio de Pereira | |
| Lugar: Pereira, Risaralda | Autor/año: Martínez Cardona Jorge Andrés; Varela Montoya Sara Marcela; 2012 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |

Objetivo: Proponer un modelo de valoración de costos ambientales de la contaminación del aire ocasionada por el crecimiento del parque automotor en el municipio de Pereira.

Resultados:

- Los resultados sugieren que gran parte de la morbilidad por IRA en personas mayores de 5 años son producto del deterioro ambiental (aire) ocasionado por el tráfico vehicular, especialmente del automóvil privado. Los costos ambientales derivados de esta problemática para el año 2010 ascienden a 956 millones de pesos.
- Se estimó que por cada 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de exposición anual a PM_{10} , se producen 1.974 casos de IRA al año, aumentando la tasa de morbilidad por IRA en un 0.52%. A partir de 23,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se producen enfermos por IRA, siendo este valor un umbral de exposición para PM_{10} .
- Un incremento de 1.000 vehículos circulando por año, incrementa en 0,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la concentración media anual de PM_{10} , generando 667 casos de IRA. Se estimó que un aumento de 1% en la contaminación por PM_{10} , produce un incremento de 2,32% en la tasa de morbilidad por IRA en población mayor de cinco años.
- De seguir la tendencia actual, en el año 2015 los costos derivados de hospitalización derivados de IRA atribuibles al PM estarían alrededor de 1200 millones de pesos.

Observaciones: Se utilizó el método de simulación de Monte Carlo y la metodología dinámica de sistemas del profesor Jay Forrester para modelar la problemática y evaluar algunos escenarios futuros.

Nota Fuente: Martínez JA, & Varela SM. Modelo de valoración ambiental del impacto de la contaminación atmosférica por fuentes móviles en el municipio de Pereira. [Tesis]. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira;2012.

*Adaptado por el autor.

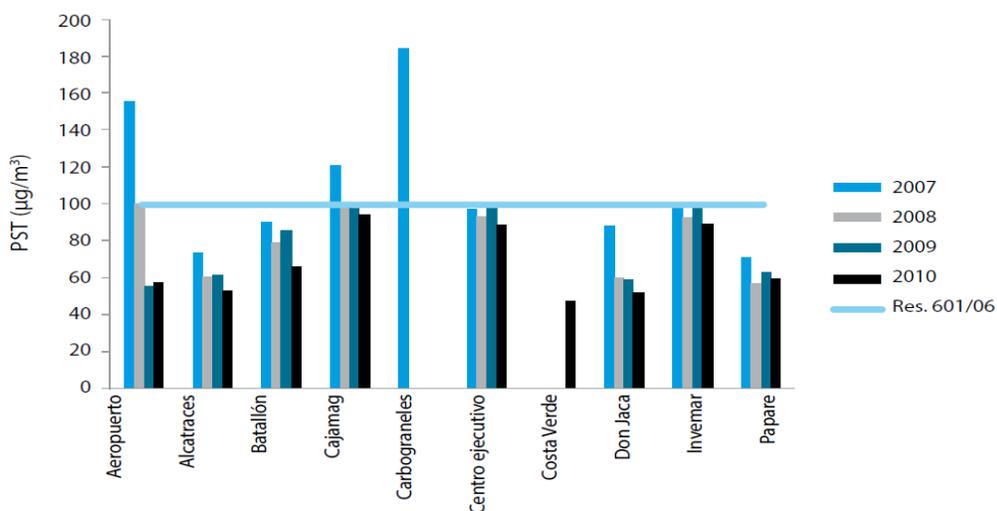
4.5.1.3 Costa Atlántica: Cartagena, Barranquilla y Santa Marta

En el Departamento de Bolívar, durante el 28 de Agosto al 28 de Octubre de 2010 se realizó en la ciudad de Cartagena, una campaña de monitoreo que hizo parte del diagnóstico de la calidad del aire y diseño del sistema de vigilancia de calidad del aire de la ciudad de Cartagena de Indias D.T y C, donde se estableció que las mediciones de calidad del aire para la ciudad de Cartagena no muestran excedencias de la norma nacional para los contaminantes SO_2 , NO_2 y CO. Las concentraciones diarias de NO_2 presentes en las estaciones Socorro y Zona Industrial de Mamonal, registraron un valor promedio de 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (norma diaria= 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Las mediciones de CO en la estación Socorro presentaron un valor promedio de 3.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que representa un 42% de la norma octohoraria (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) establecida en la Resolución 610 de 2010. Para el Ozono, se presentaron valores que superaron los 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la mayoría de las estaciones; según análisis realizados por Monn y Hangartner (1990), esto equivale a superar la norma horaria de ozono (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). El punto de monitoreo ubicado en el Laguito, fue el receptor más afectado presentado un porcentaje de 138% por encima de la norma de comparación establecida por Monn. En la Zona Industrial de Mamonal se realizó un monitoreo de Benceno y Tolueno, mediante tubos pasivos. Los resultados indican que las concentraciones máximas de Benceno representan un 8% del valor máximo anual permisible establecido en la Resolución 610 de 2010 (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras para el Tolueno los valores de concentración obtenidos en la campaña de monitoreo representaron entre un 6% y 15% del valor establecido en la norma semanal (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Las concentraciones de PST fueron de 190,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Estación El Bosque) y 131,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Zona Industrial de Mamonal), las cuales exceden el valor anual nacional (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Para el PM_{10} se obtuvieron valores de 87,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el sector del Bosque y 74,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Zona Industrial de Mamonal; estas concentraciones sobrepasan el valor límite anual de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En conclusión el problema de la ciudad de

Cartagena es el material particulado, representado por las altas concentraciones de PST y PM₁₀ (EPA, 2010).

En el Departamento de Magdalena, CORPAMAG opera el SVCA, donde su jurisdicción abarca el Distrito de Santa Marta. Durante el periodo de 1999 a 2007 las medianas diarias de PST fluctuaron en valores cercanos a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; a partir del año 2008 éstas oscilaron entre 97 y 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aproximadamente. Por otro lado, en el año 2008 disminuyeron alrededor de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al año, llegando en el año 2010 a 68,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que permite inferir que en las estaciones de la Corporación, las concentraciones de PST tienden a la baja. No obstante, en el año 2007 se presentaron algunas excedencias, con registros que superaron los 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo la máxima concentración de 471,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto a los promedios anuales, las estaciones Aeropuerto, Cajamag y Carbogranes presentaron concentraciones de 156 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, superando la norma anual (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Las estaciones restantes no excedieron la norma anual (Figura 4.6) (IDEAM, 2012a).

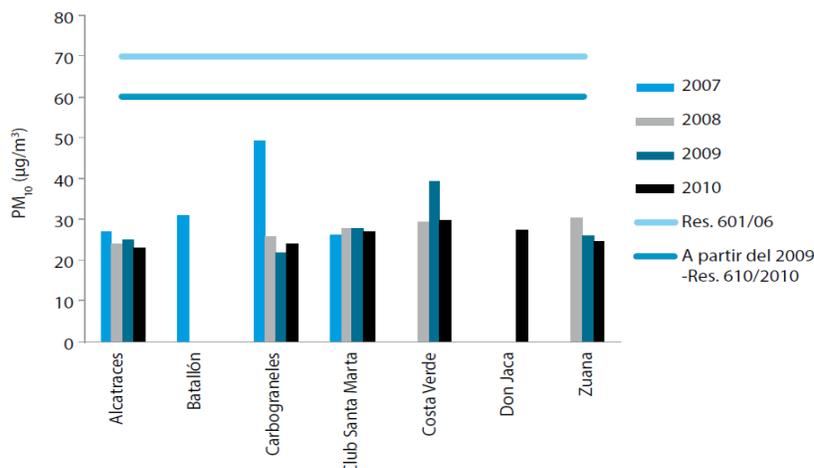
Figura 4.6. Concentración promedio Anual de PST en las estaciones del SVCA de CORPAMAG



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007 – 2010. Informe. Bogotá DC: IDEAM;2012a.

Durante el periodo 2007 a 2010, las medianas diarias de PM₁₀ se mantuvieron entre 21 y 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, presentándose mayores concentraciones en los años 2007 y 2008 con máximos de 113,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 90,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Para el promedio anual, no se observó excedencia de la norma en ninguna de las estaciones. Las estaciones Alcatraces y Club Santa Marta han mantenido las concentraciones anuales entre 20 y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que las estaciones de Corbagranes y Zuana presentaron una disminución en los valores anuales, con reducciones del 15 y 19% respectivamente, con respecto al año 2008 (Figura 4.7) (IDEAM, 2012a).

Figura 4.7. Concentración promedio Anual de PM₁₀ en las estaciones del SVCA de CORPAMAG



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007 – 2010. Informe. Bogotá DC: IDEAM;2012a.

En estos departamentos, se han adelantado algunos trabajos que han explorado la calidad del aire intra y extramural; en Santa Marta se ha medido y caracterizado el material particulado (PST), registrando concentraciones que excedían lo establecido en el Decreto 02 de 1982 y que actualmente no cumplirían con la norma anual establecida en la Resolución 610 de 2010; se identificó en los filtros que los materiales que conforman las PST corresponden a carbón mineral, carbón de combustión, halita, cuarzo, feldspatos y fracción arcilla (Manjarres G, 2005; García R, 2006); para los años 2009 a 2010, se realizaron en la ciudad de Santa Marta mediciones intramurales de Monóxido de Carbono (CO) y PM_{2.5}, en diferentes microambientes (vivienda, oficina e institución educativa). Para CO se registraron concentraciones horarias que oscilaron entre 0,5 a 3 ppm en una vivienda y un colegio, con máximos horarios de 2,5 ppm cuando se estaba usando la estufa para cocinar y 1,7 ppm cuando el salón de clase estaba ocupado. En cuanto a las concentraciones horarias de PM_{2.5}, se encontró que en una oficina los niveles horarios se ubicaron entre 5 a 17 µg/m³, con un máximo horario de 17 µg/m³, que tenía como origen la presencia de personas en la oficina con el aire acondicionado central encendido; también se registraron valores entre 0 a 3000 µg/m³, en una vivienda y una oficina, donde se obtuvieron máximos horarios de 1600, 2200 y 2500 µg/m³ en una vivienda que obedecían a la cocción de alimentos y una concentración horaria máxima de 40 µg/m³ cuando se estaba realizando limpieza en la oficina; estos valores exceden los límites recomendados por la OMS (24 horas = 25 µg/m³, anual = 15 µg/m³) (UNIANDÉS, 2010).

En la ciudad de Barranquilla, durante el año 2007, se caracterizó el PM₁₀ encontrando concentraciones de elementos y metales tales como Silicio (6,05 µg/m³), Calcio (3,55 µg/m³) y en una menor proporción Plomo (0,80 µg/m³) e Hierro (0,33 µg/m³), siendo estos componentes trazadores de fuentes geológicas. En relación a los HAP's, se registraron concentraciones entre 20 y 70 ng/m³ para Benzo (b) Fluoranteno, Benzo (k) Fluoranteno, Dibenzo (a, h) Antraceno y Fluoreno, este último compuesto presenta efecto cancerígeno en seres humanos, según el Sistema de Información de Riesgos Integrated Risk Information System (IRIS), de la Agencia de Protección Ambiental Americana (EPA) (ULS, 2008).

Tabla 4.45. Resumen de la investigación Composición y concentración de material particulado en el aire de un sector del área urbana de Santa Marta.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Composición y concentración de material particulado en el aire de un sector del área urbana de Santa Marta (Magdalena, Colombia) | |
| Lugar: Santa Marta, Magdalena | Autor/año: Manjarres–García G, Manjarres–Pinzón G, Linero-Cueto J; 2005 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PST |
| Objetivo: Evaluar la composición del material particulado en un sector correspondiente al área urbana de la ciudad de Santa Marta, e identificando algunas de sus posibles causas o fuentes de emisión | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las mayores concentraciones de material particulado se registraron en la estación 1 y 3 con $165.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente y las menores se registraron en la estación 5 con $125.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los valores registrados en las diferentes estaciones de muestreo se encuentran por encima de los establecidos en el Decreto 02 de 1982. Una de las causas de la contaminación atmosférica por material particulado en el sector urbano del área de estudio se debe a fuentes móviles (flujo vehicular y transporte de materiales) y fuentes fijas como el establecimiento de almacenamiento de materiales. Los materiales que constituyen el material particulado de los filtros corresponden a carbón mineral, carbón de combustión, halita, cuarzo, feldspatos y fracción arcilla. El componente mineral más abundante en los diferentes filtros corresponde al grupo de las arcillas y al carbón de combustión y el menos abundante a los carbonatos y fibras orgánicas. | |

Nota Fuente: Manjarres G, Manjarres G, & Linero J. Composición y concentración de material particulado en el aire de un sector del área urbana de Santa Marta, Magdalena, Colombia. Revista Intropica;2005;2:23-33.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.46. Resumen de la investigación Distribución espacial y temporal de la concentración de material particulado en Santa Marta.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Distribución espacial y temporal de la concentración de material particulado en Santa Marta, Colombia | |
| Lugar: Santa Marta, Magdalena | Autor/año: Francisco Fernando García R, Rubén Alberto Agudelo G, Karen Margarita Jiménez J; 2006 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PST |
| Objetivo: Establecer la variabilidad espacial y temporal de las concentraciones de PST. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> En ninguna de las estaciones de monitoreo se presentaron niveles violatorios de la norma diaria de calidad del aire referida a los niveles máximos de partículas suspendidas totales en 24 horas ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Los mayores niveles de contaminación se registran en el área del centro de la ciudad, donde presumiblemente la cercanía de algunas fuentes de emisión importante —como el manejo y almacenamiento de carbón y el tráfico vehicular— esté contribuyendo a la alteración de los niveles de PST en el aire. La media geométrica anual para el total de muestras colectadas en el área de estudio fue de $114 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En todas las estaciones de monitoreo se sobrepasó el límite establecido por la norma anual ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la Estación de Monitoreo de Material Particulado 2 (EMPST 02) presentó el valor más alto con $150,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que las medias geométricas para las estaciones EMPST 01, EMPST 03, EMPST 04 fueron muy similares, con concentraciones de $104,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $102,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $105,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. | |

Nota Fuente: García R, Agudelo G, & Jiménez J. Distribución espacial y temporal de la concentración de material particulado en Santa Marta, Colombia. Revista Facultad Nacional de Salud Pública;2006;24:73-82.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.47. Resumen de la investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT | |
| Lugar: Barranquilla, Atlántico. | Autor/año: Universidad de la Salle, 2008 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los resultados de metales pesados en Barranquilla indican una composición mayoritaria en Silicio (6,05 µg/m³) y Calcio (3,55 µg/m³) y una menor proporción de Plomo (0,80 µg/m³) y Hierro (0,33 µg/m³), siendo estos componentes trazadores de fuentes geológicas. Es de destacar que la composición difiere muy poco entre cada metal para esta ciudad. • Barranquilla presenta uno de los mayores aportes de Carbono Orgánico (CO) (14.15 µg/m³) de las ciudades analizadas, después de Medellín; el aporte por Carbono Elemental (CE) (6,58 µg/m³), es sin embargo, uno de los menores en las ciudades analizadas, esto puede ser consecuencia de la alta velocidad del viento registrada en la zona y en consecuencia de la dispersión que este aspecto provoca. No obstante, es importante mencionar la incidencia que aspectos como el tráfico vehicular generan en la zona de estudio y desde luego la alta actividad industrial cuyo principal renglón, la industria de alimento y la industria química, emplean en ambos casos combustibles cuyas emisiones aportaran a CE. • Los resultados encontrados para iones en PM₁₀ muestran que la concentración de fluoruros es baja (0,65 µg/m³), lo que refleja un aporte mínimo de emisiones en la ciudad. • Barranquilla exhibe una proporción mayor de Sulfatos (3,17 µg/m³) y menor concentración de PM₁₀, lo que refleja un mayor nivel de combustión en las fuentes, es decir, combustión completa que implica la formación de una menor cantidad de partículas y una mayor formación de gases, como SO_x y NO_x, los que son precursores de Sulfatos y Nitratos. • Para los HAP's, se presentaron concentraciones significativas de Fluoreno. Según el Sistema de Información de Riesgos Integrated Risk Information System (IRIS) de la Agencia de Protección Ambiental Americana (EPA), el Fluoreno es un HAP's con demostrado efecto cancerígeno en seres humanos, su efecto se manifiesta no solo por la exposición oral, sino también por la inhalación del mismo, no obstante, no existen límites permisibles de estos componentes en el aire. Las concentraciones más elevadas en la ciudad de Barranquilla, fueron obtenidas para los componentes Benzo (b) Fluoranteno, Benzo (k) Fluoranteno y Dibenzo (a, h) Antraceno, los cuales se encontraron en concentraciones entre 20 y 70 ng/m³. • Barranquilla presenta un aporte significativo en la composición de Sulfatos, este valor correlacionado con la concentración de Amonio muestra que en la zona existe aporte significativo por fuentes móviles, pues la proporción de Sulfatos y Nitratos supera ampliamente la concentración de Amonio. También se destaca la proporción significativa de Calcio (8%), proveniente de vías destapadas. Este resultado tiene implicaciones en cuanto a las velocidades del viento predominantes en la zona, que generan una alta y duradera circulación de material geológico. • Los resultados del modelo de receptor muestran un aporte casi equivalente de las fuentes fijas, móviles y geológicas, lo cual se correlaciona con las importantes concentraciones de CO y CE que han sido definidas como fuentes de combustión tipo diésel. | |

Nota Fuente: [ULS] Universidad de la Salle. Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas (Contrato 2062394). Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT);2008.

*Adaptado por el autor.

En cuanto a contaminación intradomiciliaria, se evaluó el costo efectividad del gas natural domiciliario en localidades rurales del caribe colombiano; se concluye que frente a la no intervención en la población, la instalación del Gas Natural Domiciliario resulta ser una tecnología costo efectiva, para la reducción de las enfermedades respiratorias asociadas al consumo de combustibles de biomasa (Alvis-Guzmán, 2008)

Tabla 4.48. Resumen de la investigación Costo Efectividad del Gas Natural Domiciliario como Tecnología Sanitaria en Localidades Rurales del Caribe Colombiano.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Costo Efectividad del Gas Natural Domiciliario como Tecnología Sanitaria en Localidades Rurales del Caribe Colombiano | |
| Lugar: Localidades Rurales del Caribe Colombiano | Autor/año: Alvis-Guzmán Nelson, Alvis-Estrada Luís y Orozco-Africano Julio; 2008 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM y CO |
| Objetivo: Valorar el impacto económico del Gas Natural Domiciliario (GND)- como tecnología sanitaria sobre la enfermedad respiratoria asociada al humo de biomasa en localidades del caribe colombiano. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • En las localidades se esperarían anualmente 498 (477–560) casos de IRA que generaría 149 (119–196) hospitalizaciones, 6 (4–10) muertes y 7.291 (5.746 –9.696) AVAD. También se esperarían 459 (372–684) casos de EPOC, 138 (93–239) hospitalizaciones, 11 (5–26) muertes y 1.500 (973–2.711) AVAD. Los costos de esta carga de enfermedad en ausencia del GND son anualmente de 5,2 (3,8–8,3) millones de dólares. De éstos, la mayoría son costos de EPOC (cerca del 85 %). • Los costos por IRA y EPOC, luego de instalado el GND, ascienden a 3,5 (2,5-5,7) millones de dólares. Los costos evitados serían 1,6 (1,2–2,6) millones de dólares, (30 % de los costos de la carga). El costo efectividad incremental de introducir el GND sería un poco más de 56 (22–74) mil dólares por muerte evitada y entre 43 y 66 dólares evitar un AVAD. | |

Nota Fuente: Alvis N, Alvis L, & Orozco J. Costo Efectividad del Gas Natural Domiciliario como Tecnología Sanitaria en Localidades Rurales del Caribe Colombiano. Revista de salud pública 2008;10:537-549.

*Adaptado por el autor.

En lo concerniente al tema de contaminación atmosférica y su relación con enfermedades respiratorias, se identifican trabajos relacionados con la exposición a material particulado y otros contaminantes del aire, en la población general y trabajadora; los hallazgos más importantes son los siguientes:

- La exposición al polvo casero y el humo del cigarrillo, se asocia con la presencia de asma en niños de 4 a 16 años en Santa Marta (Mendoza, 2008).
- En estudio realizado en la ciudad de Santa Marta se encontró una asociación estadísticamente significativa entre presentar síntomas en el Tracto Respiratorio Superior (TRS) y vivir en los barrios considerados como expuestos a contaminación del aire (Pescaíto y Gaira), igualmente los patrones espirométricos fueron más bajos en estos barrios. El vivir en zonas expuestas aumenta en 2,3 veces la probabilidad de tener síntomas del tracto respiratorio superior (congestión nasal, prurito, estornudo, y epifora); se estableció que en el grupo de niños expuestos a concentración de PM₁₀ mayor de 60 µg/m³, la probabilidad de presentar síntomas respiratorios fue de 1,6 veces mayor con relación a los niños expuestos a concentración de PM₁₀ menor de 60 µg/m³ (UNIMAGDALENA, 2010).
- No se encontró asociación entre las enfermedades respiratorias y las zonas que registraron altas concentraciones de PM₁₀ en Santa Marta (Salazar y Álvarez, 2011; Cuao et al., 2012).

- Los mototaxistas de la ciudad de Cartagena tienen un mayor número de micronúcleos en los eritrocitos de sangre periférica, que personas dedicadas a otros trabajos, lo cual indicaría que los contaminantes atmosféricos pueden ser los causantes de este efecto en los eritrocitos (Carranza, 2011).
- En Cartagena se determinaron los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas, registrando concentraciones que superan ampliamente la norma de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (300 ng/m³) (Arrázola, 2011).

Tabla 4.49. Resumen del artículo Factores de riesgo asociados con asma alérgica en niños de 4 a 16 años de Santa Marta

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Factores de riesgo asociados con asma alérgica en niños de 4 a 16 años de Santa Marta, Colombia | |
| Lugar: Santa Marta, Magdalena | Autor/año: Dary Luz Mendoza Meza, Luis Del Castillo Castilla, Sonja Lozano Socarras, María Belén Jaimes Sanabria, Jonn Pedrozo Pupo, Luis Abello Gámez; 2008 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Polvo intradomiciliario |
| Objetivo: Identificar factores ambientales y poblacionales asociados con el asma alérgica en niños de 4 a 16 años del Distrito de Santa Marta. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Se encontró asociación significativa entre la sintomatología de asma, la exposición al polvo casero, el humo del cigarrillo, la herencia y el parasitismo intestinal. Estos resultados confirman la importancia de los alérgenos intradomiciliarios en la sintomatología de asma en el Caribe Colombiano. • Un análisis de los factores que pueden estar relacionados con el desarrollo del asma mostró que el polvo casero, la lluvia y el frío son los mayores desencadenantes de crisis asmática. Sesenta y cinco niños (67,01%) presentan dificultad respiratoria cuando barren o sacuden la casa y 89 (91,8%) estornudan cuando se exponen al polvo casero. | |

Nota Fuente: Mendoza DL, Castillo L, Lozano S, et al. Factores de riesgo asociados con asma alérgica en niños de 4 a 16 años de Santa Marta, Colombia. Duazary;2008;1:9-14.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.50. Resumen de la investigación Efectos sobre la salud por la contaminación del aire proveniente del sector portuario carbonífero (Drummond, Carbosan y Prodeco de Santa Marta). Convenio No. 85 Ministerio de Ambiente.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Efectos sobre la salud por la contaminación del aire proveniente del sector portuario carbonífero (Drummond, Carbosan y Prodeco de Santa Marta). Convenio No. 85 Ministerio de Ambiente | |
| Lugar: Santa Marta, Magdalena | Autor/año: Universidad del Magdalena, 2010 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ y PM _{2.5} |
| Objetivo: Evaluar los efectos sobre la salud por contaminación del aire proveniente del sector portuario carbonífero (Carbosan, Prodeco y Drummond) en Santa Marta. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La estación de monitoreo Posihueica obtuvo para el periodo del 24/03/2009 y el 09/06/2009 un total de 51 muestras, de las cuales 4 (7,84%) sobrepasaron el límite de la norma diaria establecido por la Resolución 601 del 4 de abril del 2006 (150 µg/m³); las concentraciones diarias en esta estación variaron entre 19,40 y 266,70 | |

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ con una media de $77,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- El punto de monitoreo Gaira obtuvo para el mismo periodo un total de 51 muestras, con concentraciones diarias entre $16,7$ y $331,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La media diaria fue de $88,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cinco (5) muestras equivalentes al (9,80%) sobrepasaron el límite permisible para un periodo de 24 horas.
- La estación de muestreo UNIMAG registró concentraciones diarias entre $20,8$ y $102,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una media diaria de $61,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En la estación de muestreo Alcatraces se registraron 7 muestras validas que presentaron un valor mínimo de $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y máximo de $133,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las concentraciones en esta estación presentaron una media de $82,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En la estación Don Jaca las concentraciones variaron entre $27,18$ y $87,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y los datos reportaron una media de $50,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ningún valor sobrepasó el límite admisible en un periodo de 24 horas.
- En cuanto el análisis de metales, se encontró una concentración promedio diaria de Cobre de $0,048 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un máximo de $0,109 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para Hierro se registró un valor medio diario de $1,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un máximo de $3,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El Zinc obtuvo una concentración promedio diaria de $2,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un máximo de $78,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El Plomo presentó una concentración promedio diaria de $0,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un máximo diario de $4,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que excede la norma diaria nacional de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- La concentración de aniones (NO_3 y SO_{4-2}) en Posihueca, Gaira y Mamatoco presentaron un patrón similar, donde el SO_{4-2} presentó las mayores concentraciones; esto posiblemente se explica por su cercanía a fuentes de combustión, de igual forma la presencia mayoritaria de este anión debido a que la ciudad se encuentra cerca de la superficie marina, donde hay una variedad de compuestos orgánicos y microorganismos que emiten gases sulfurados.
- En relación con la presencia de contaminantes dentro del hogar se encontró que el 82,6% de la población refiere no fumar dentro de la vivienda. En Don Jaca-cristo Rey y Pescaito se encontró que más del 20% de la población fuma dentro de la vivienda. Con respecto a los contaminantes derivados de la cocina, se encontró que en un 20% de la población la cocina no se encuentra separada de las demás habitaciones. El 90,5% cocina con gas natural (58,8%) y propano (36,7%). Un 33,8% usa aerosoles y el 84% no quema basuras.
- De los 305 niños participantes en el estudio, 120 presentaron síntomas respiratorios, luego la prevalencia de síntomas respiratorios en la población estudiada se calculó en 39,3%. La prevalencia en las zonas expuestas fue de 21%, mientras que en zonas no expuestas fue de 18%.
- Los niños que habitan en barrios considerados expuestos tienen 1,6 veces mayor probabilidad de presentar síntomas respiratorios. Los niños menores de 9 años tienen 1.5 veces más probabilidad de presentar síntomas respiratorios que los mayores de 9 años. Vivir en la zona expuesta aumenta en 3 veces la probabilidad de presentar congestión nasal, 2,68 veces la presencia de estornudos, 1,48 la rinorrea y 22,35 veces los ojos llorosos. Los niños y niñas que viven en los barrios expuestos tienen 2,97 veces más probabilidad de presentar patrones respiratorios alterados.
- Al utilizar un análisis descriptivo por zonas de estudio, se encontró que el mayor número de diagnósticos por enfermedad respiratoria se presentó en las zonas expuestas en una proporción de 3 a 1 para el 2008 y de 5 a 1 para el 2009. Para los adultos el mayor número de diagnósticos por enfermedad respiratoria se presentó en las zonas expuestas con cerca del 11% para toda Santa Marta.

Nota Fuente: [UNIMAGDALENA] Universidad de Magdalena. Efectos sobre la salud por la contaminación del aire proveniente del sector portuario carbonífero (Drummond, Carbosan y Prodeco de Santa Marta). Convenio No. 85 Ministerio de Ambiente. Investigación. Santa Marta: UNIMAGDALENA;2010.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.51. Resumen de la investigación Los efectos del PM_{10} y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños en la ciudad de Santa Marta.

Nombre documento: Los efectos del PM_{10} y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños en la ciudad de Santa Marta, Colombia, 2008-2009

| | |
|--|---|
| Lugar: Santa Marta, Magdalena | Autor/año: Alexander Salazar-Ceballos, Lidice Álvarez-Miño; 2011 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Establecer la posible relación entre el PM ₁₀ y sus efectos sobre la generación de enfermedades respiratorias en Santa Marta. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se establecieron previamente las concentraciones de PM₁₀ para las zonas de estudio en la ciudad de Santa Marta: Pescaito, Gaira, Mamatoco y Don Jaca-Cristo Rey (DJCR). Las medias de las concentraciones de PM₁₀ en Pescaito y Gaira, superaron los 75 µg/m³ (zonas expuestas), y Mamatoco y DJCR como zonas no expuestas. Para el año 2008, se observó asociación epidemiológica con significancia estadística ($p < 0,05$) de presentar cualquiera de los síntomas respiratorios agudos y crónicos y su relación con tener menos de 9 años e invierno; para el año 2009 esta asociación epidemiológica fue menor y sin significancia estadística ($p > 0,05$). Para ambos años no se observó un riesgo significativo ($p > 0,05$) de presentar síntomas respiratorios agudos o crónicos y vivir en una zona expuesta, pero se observó asociación epidemiológica no significativa de presentar síntomas respiratorios agudos y vivir en zona expuesta. Se observó una tendencia en el aumento de diagnósticos de las enfermedades infecciosas de las vías respiratorias altas, principalmente durante el invierno. | |

Nota Fuente: Salazar A, & Álvarez L. Los efectos del material particulado 10 (PM 10) y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños en la ciudad de Santa Marta, Colombia, 2008-2009. DUAZARY;2011;2:127-142.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.52. Resumen de la investigación Cuantificación de micronúcleos en células de sangre periférica de moto-taxistas que trabajan en la ciudad de Cartagena de Indias.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Cuantificación de micronúcleos en células de sangre periférica de moto-taxistas que trabajan en la ciudad de Cartagena de Indias | |
| Lugar: Cartagena, Bolívar | Autor/año: Carranza López Liliana Patricia, 2011 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Emisiones vehiculares |
| Objetivo: Evaluar la frecuencia de micronúcleos (MN) en células de sangre periférica de mototaxistas que trabajan en la ciudad de Cartagena de Indias. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> El promedio \pm error estándar (EE) de MN en eritrocitos de sangre periférica de mototaxistas de Cartagena fue de 0.02 ± 0.004 por 1000 células, mientras que para el grupo control fue de 0.002 ± 0.002 por 1000 células, con diferencias estadísticamente significativas entre estos grupos ($p < 0.05$). No hubo correlaciones estadísticas entre variables socio-demográficas y la presencia de MN en los grupos de estudio. Los mototaxistas de la ciudad de Cartagena tienen un mayor número de MN en los eritrocitos de sangre periférica que personas dedicadas a otros trabajos. | |

Nota Fuente: Carranza LP. Cuantificación de micronúcleos en células de sangre periférica de mototaxistas que trabajan en la ciudad de Cartagena de Indias [Tesis]. Cartagena: Universidad Nacional de Colombia;2011.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.53. Resumen de la investigación Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena, Colombia | |
| Lugar: Cartagena, Bolívar | Autor/año: Arrázola Díaz Armida María, 2011 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Vapor de Mercurio |
| Objetivo: Determinar los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas de la ciudad de Cartagena, Colombia. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los resultados mostraron niveles de vapores de mercurio en el 56.66% de las diferentes aéreas sin pacientes promediados: 2.206 ng/m³ aire ambiental, 4.435 ng/m³ escupidera, 2.116 ng/m³ mesón de trabajo. En relación al 43.34% de los sitios con atención de pacientes en el momento de la medición el promedio fue: 32.837 ng/m³ aire ambiental, 21.088 ng/m³ escupidera, 11.394 ng/m³ mesón de trabajo; encontrándose niveles muy por encima de los estándares permisibles de acuerdo a los requerimientos de la EPA (300 ng/m³) Se concluye que existe un desconocimiento total del peligro a nivel laboral y ambiental en la utilización de las amalgamas dentales y que los profesionales del área de odontología no reciben educación ni capacitación sobre la temática. | |
| Observaciones: Estudio descriptivo de corte transversal, en el cual se establecieron los vapores de mercurio en el ambiente, en la escupidera y mesón de trabajo de 64 consultorios clínicos mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. El periodo empleado para la recolección de las muestras fue de seis meses, comprendido entre noviembre de 2010 y abril de 2011. | |

Nota Fuente: Arrázola AM. Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena, Colombia [Tesis]. Cartagena: Universidad Nacional de Colombia;2011.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.54. Resumen del artículo Comportamiento de la enfermedad respiratoria de niños entre 5 y 14 años en la ciudad de Santa Marta en el primer trimestre de 2008 y 2009.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Comportamiento de la enfermedad respiratoria de niños entre 5 y 14 años en la ciudad de Santa Marta en el primer trimestre de 2008 y 2009 | |
| Lugar: Santa Marta, Magdalena | Autor/año: Enis Alejandra Cuao, Lidice Álvarez Miño, María Margarita Vargas; 2012 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Establecer la prevalencia de las enfermedades respiratorias en niños residenciados en Santa Marta para el primer trimestre de 2008 y 2009, y comparar esta con la contaminación por material particulado en el mismo periodo. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> La media de las mayores concentraciones de PM₁₀ fue 49.3 µg/m³ y 38.9 µg/m³ para los primeros trimestres de 2008 y 2009 respectivamente. Se encontró que para el mismo periodo de los dos años analizados, la concentración de material particulado bajo y la prevalencia de enfermedad respiratoria también. Se puede concluir que en los meses de temporada seca en Santa Marta, para el 2008 y 2009, se tuvo presencia de enfermedades respiratorias con comportamientos similares en materia de edad (menores de 9 años), sexo (mayoría niños) y comuna (5); y que los niveles más altos de PM₁₀ se identificaron para las comunas 2 y 8. El análisis mostró que los niños de 9 años o menos son los más afectados por enfermedades respiratorias en vías superiores. La Comuna con las concentraciones más altas de PM₁₀ fue la 8. Sin embargo, las que más diagnósticos de enfermedad respiratoria presentaron fueron la 5 y la 4. | |

Nota Fuente: Cuao EA, Álvarez L, & Vargas MM. Comportamiento de la enfermedad respiratoria de niños entre 5 y 14 años en la ciudad de Santa Marta en el primer trimestre de 2008 y 2009. Duazary;2012;1:33-41.

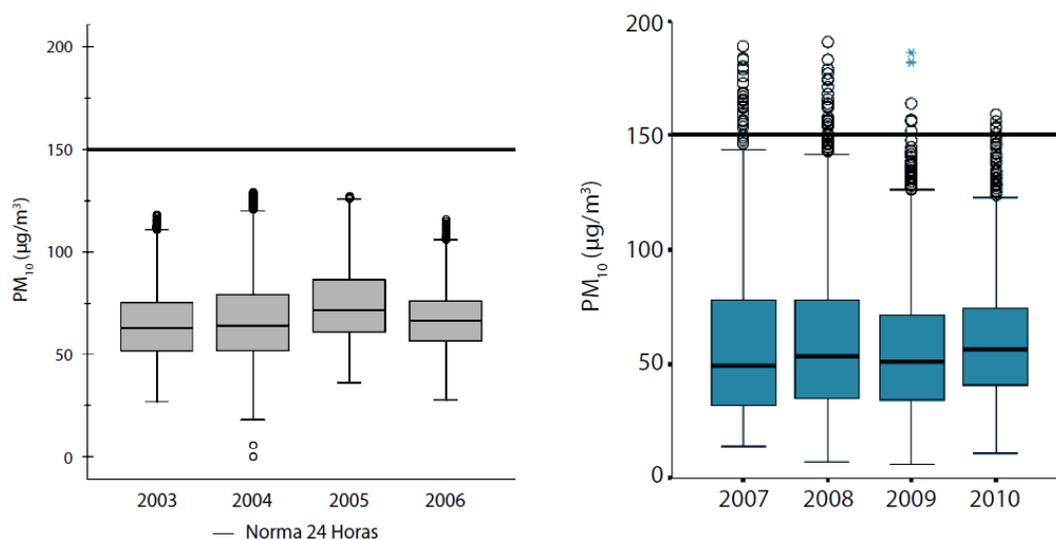
*Adaptado por el autor.

4.5.1.4 Cundinamarca: Bogotá

Bogotá la capital de Colombia presenta un escenario donde confluyen diferentes actores que inciden en la problemática de contaminación del aire, que está representada en gran parte por la gran cantidad de fuentes móviles que alberga la ciudad. La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) por medio de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. (RMCAB) realiza el monitoreo de los contaminantes del aire en el distrito.

Para el periodo de 2003 a 2006, el comportamiento de las concentraciones promedio 24 horas de PM_{10} , se mantuvo por encima de los $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin exceder la norma diaria vigente ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que para el periodo 2007 a 2010 se presentaron excedencias a la norma y se observó un aumento a partir del 2007 ($49 \mu\text{g}/\text{m}^3$) llegando a una mediana de $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el año 2010 (Figura 4.8) (IDEAM, 2012b).

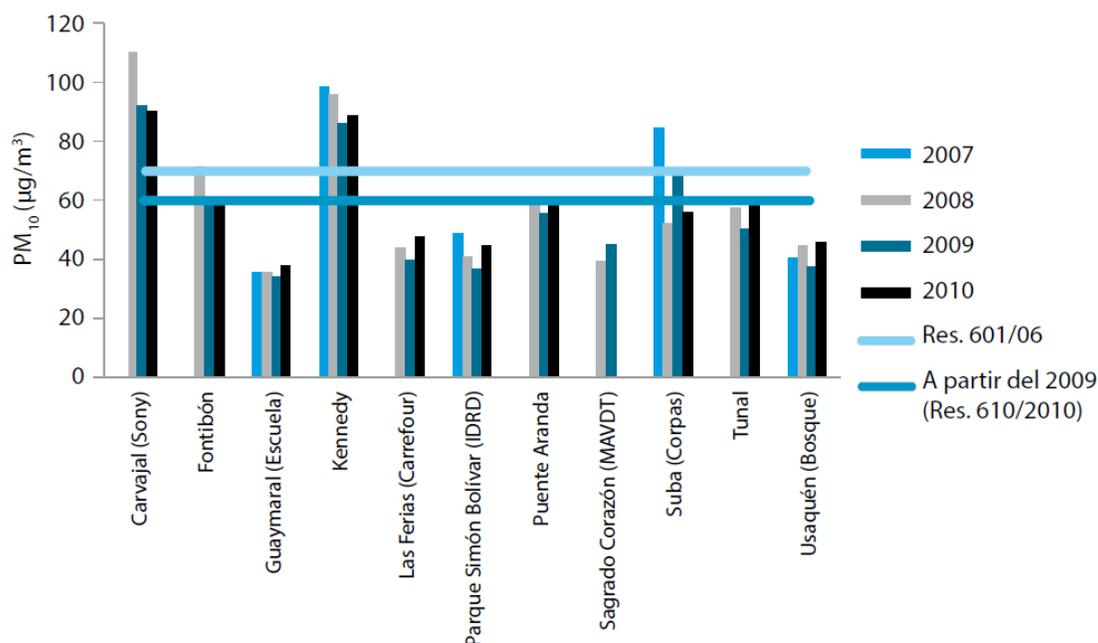
Figura 4.8. Concentración promedio de PM_{10} (24 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota: Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Las concentraciones anuales de PM_{10} durante el periodo 2007 a 2010, muestran que las estaciones Carvajal, Fontibón, Kennedy, Puente Aranda y Suba superaron el límite máximo permisible aplicable en diferentes años (Figura4.9) (IDEAM, 2012b).

Figura 4.9. Concentración promedio anual de PM₁₀ en las estaciones del SVCA de la SDA

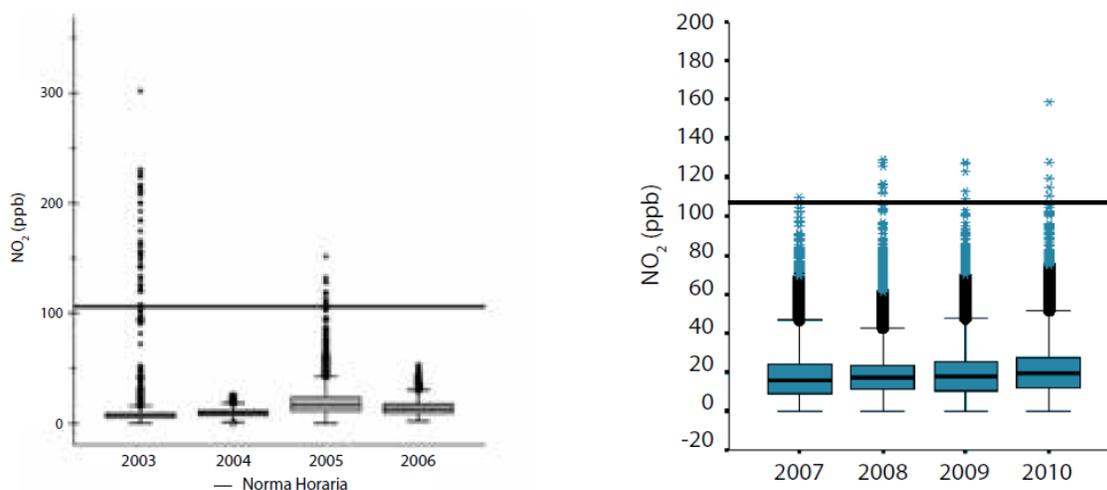


Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Para el año 2011, las concentraciones de PM₁₀ mostraron una disminución en comparación con el año 2010 (promedio anual 2010= 62 µg/m³; promedio anual 2011= 53 µg/m³), sin embargo se excede la norma anual (50 µg/m³). Para el PST se obtuvo un promedio anual de 134 µg/m³, el cual supera la norma anual (100 µg/m³). Para los promedios de 24 horas, se excedió una vez el valor de la norma, 300 µg/m³ (Secretaría Distrital de Ambiente, 2012).

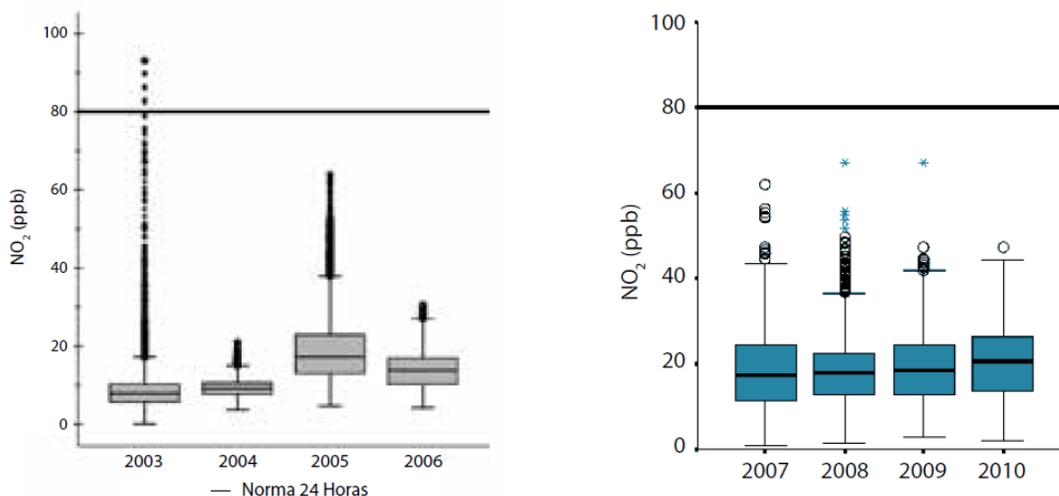
El comportamiento horario del Dióxido de Nitrógeno (NO₂) durante el periodo 2003 a 2010, muestra algunas excedencias del límite máximo permisible de 106 ppb, llegando a valores máximos de 159 ppb en el año 2010; sin embargo, en los últimos cuatro años los niveles del contaminante se han mantenido estables, con medianas por debajo de los 19 ppb (Figura 10). Para periodos de exposición de 24 horas, durante el mismo periodo de tiempo, se observa que en el año 2003 las concentraciones diarias superaron varias ocasiones el límite máximo permisible (80 ppb), sin embargo, las medianas se mantuvieron por debajo de 20 ppb presentando un aumento progresivo durante el periodo 2007 a 2010. Durante este periodo la concentración promedio 24 horas tuvo como máximo registro 67 ppb en el mes de abril del año 2009 (Figura 4.11) (IDEAM, 2012b).

Figura 4.10. Concentración promedio de NO₂ (Horario) en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

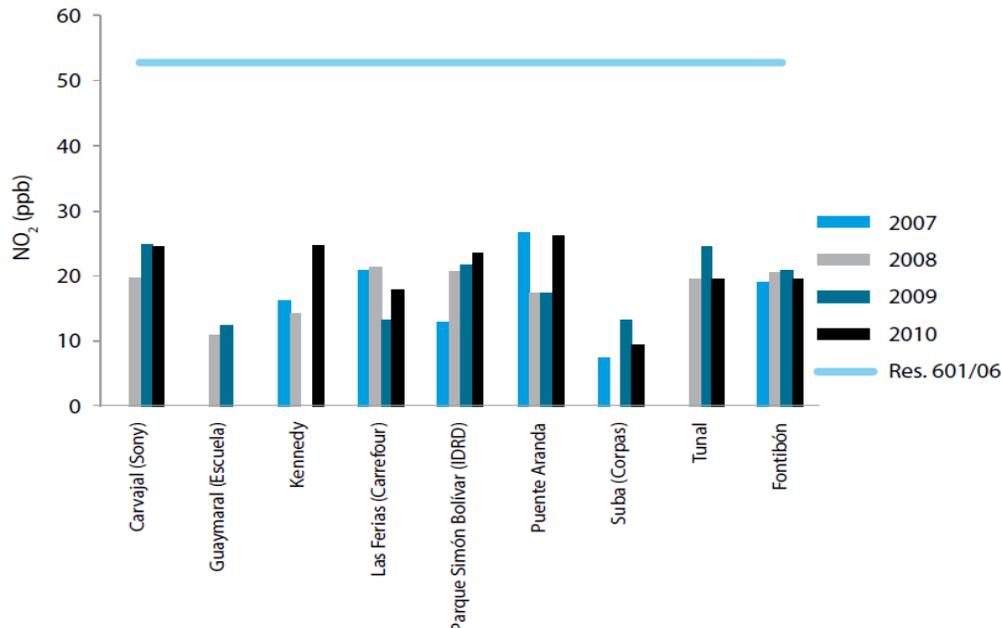
Figura4.11. Concentración promedio de NO₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Finalmente el comportamiento anual del NO₂ durante los años 2007 a 2010, muestra que las concentraciones se mantuvieron estables por debajo de 30 ppb, sin exceder la norma anual de 53 ppb; sin embargo, en la estación Puente Aranda se presentaron los mayores valores durante los años 2007 y 2010 (Figura4.12) (IDEAM, 2012b).

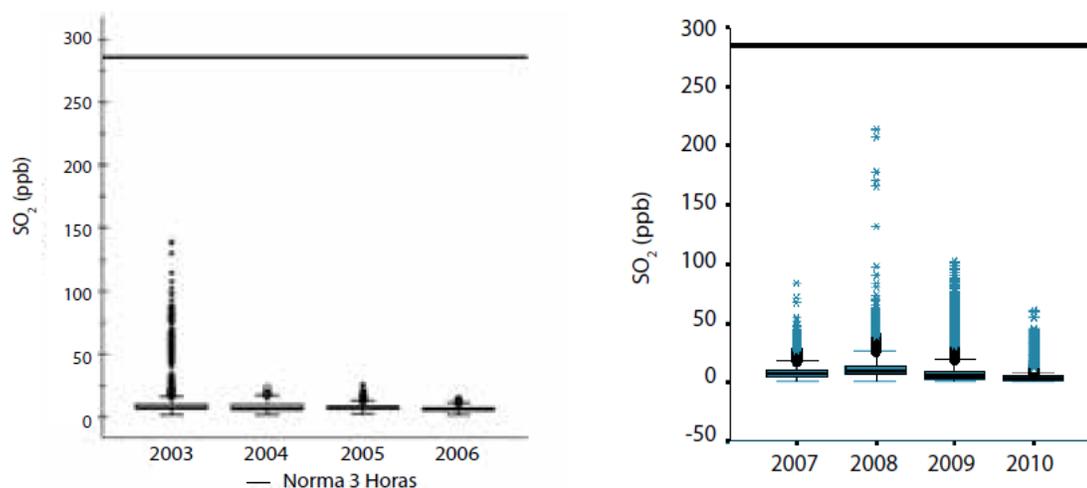
Figura 4.12. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Para el Dióxido de Azufre (SO₂) durante el periodo de 2003 a 2010, se registraron concentraciones por encima de los 100 ppb en los promedios de tres horas en los años 2003, 2008 y 2009 (norma 3 horas= 287 ppb). Para el resto de los años del periodo de análisis, las máximas concentraciones se ubicaron entre 60 y 83 ppb. (Figura 4.13) (IDEAM, 2012b)

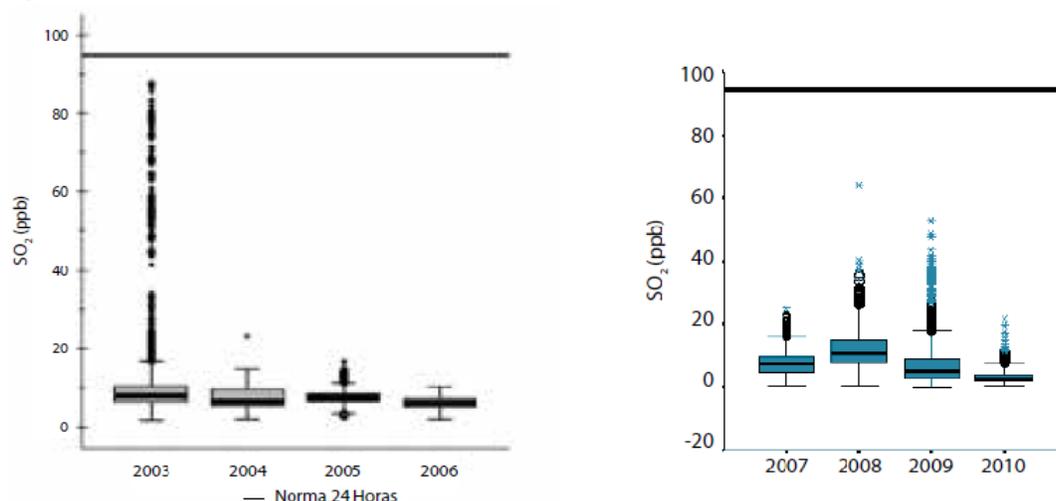
Figura 4.13. Concentración promedio de SO₂ (3 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Al analizar los promedios diarios de SO₂, se observa que ningún valor excedió el límite máximo permisible (96 ppb) y que a través del tiempo las concentraciones disminuyeron en dos periodos: 2003 a 2007 y desde el año 2008 hasta el año 2010. Al igual que en las concentraciones de 3 horas las medianas se mantuvieron en valores muy bajos (Figura4.14) (IDEAM, 2012b).

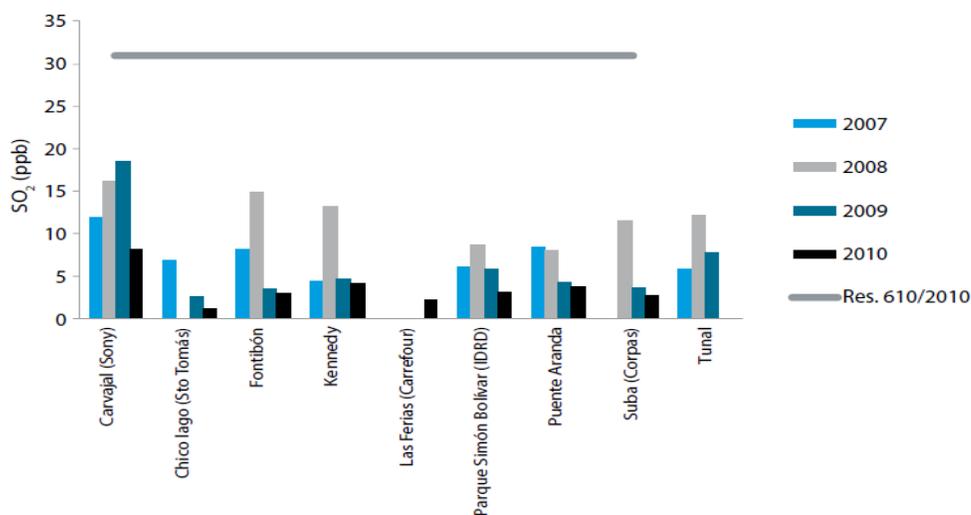
Figura4.14. Concentración promedio de SO₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Finalmente para el promedio anual de SO₂, durante el periodo 2007 a 2010, la mayor concentración se registró en el año 2009 en la estación Carvajal, con un valor de 18,4 ppb, que no excede el valor norma (31 ppb). De otra forma, en el año 2008 se presentó un aumento en las concentraciones de SO₂ en todas las estaciones, mientras en los años 2009 y 2010 los niveles de contaminación disminuyeron en todas las estaciones, excepto en el 2009 en la estación Carvajal (Figura4.15) (IDEAM, 2012b).

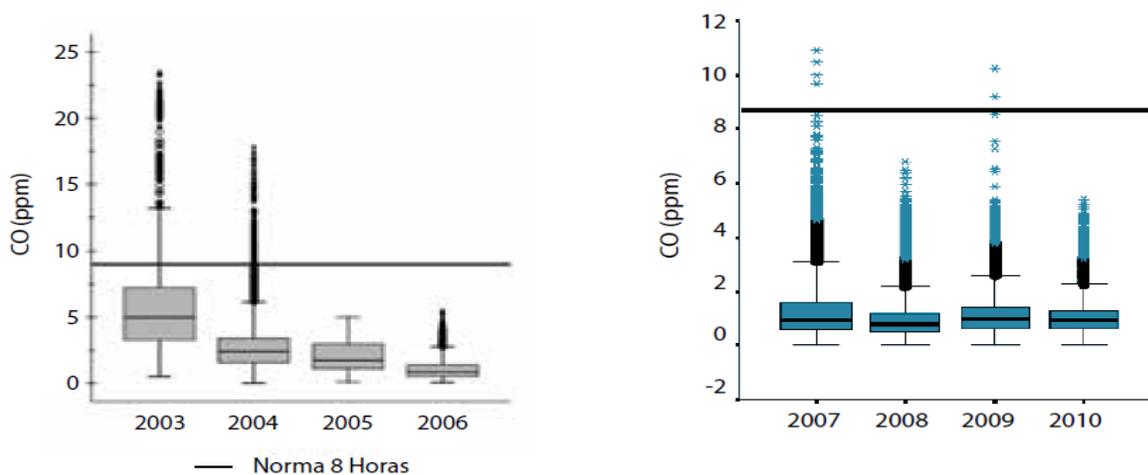
Figura 4.15. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

En cuanto al Monóxido de Carbono (CO), durante el periodo 2003 a 2010, se observa que las concentraciones promedio horarias disminuyeron progresivamente hasta el año 2008 y aunque se observó un ligero aumento en el año 2009, las medianas durante el periodo se encontraron por debajo de 10 ppm. De la misma manera, para un periodo de exposición de 8 horas las concentraciones disminuyeron desde el año 2003, aunque se presentaron excedencias durante los años 2007 y 2009 (Figura4.16) (IDEAM, 2012b).

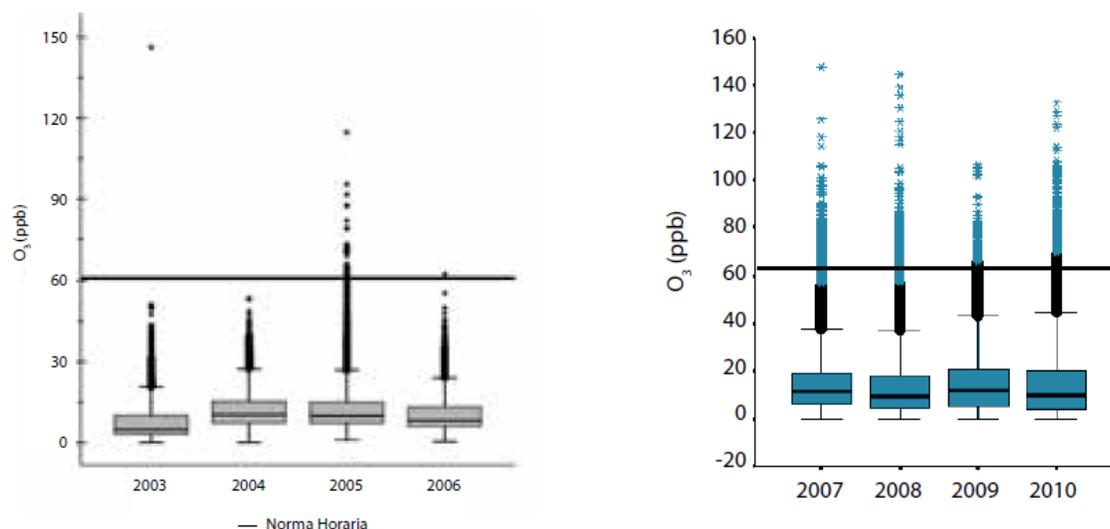
Figura4.16. Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

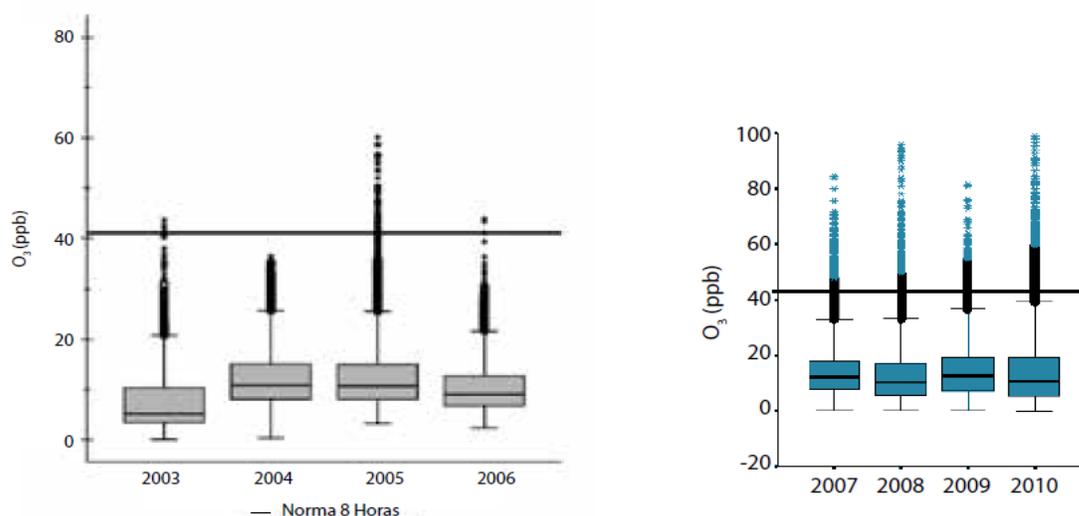
Finalmente para el Ozono, las medianas de las concentraciones horarias se mantuvieron estables por debajo de los 12 ppb; no obstante en el año 2005 y el periodo 2007 a 2010 se presentaron excedencias a la norma horaria (61 ppb) con valores que alcanzaron los 147 ppb. Para los promedios 8 horas, se observa que durante los últimos años las medianas fluctuaron entre los 10 y 12 ppb, donde en los años 2008 a 2010 se presentaron un mayor número de excedencias (norma 8 horas= 41 ppb) (Figuras 4.17 y 4.18) (IDEAM, 2012b).

Figuras 4.17. Concentración promedio de O₃ (horario) en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Figura 4.18. Concentración promedio de O₃ (8 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

En la ciudad, la academia ha desarrollado investigaciones tendientes a evaluar y caracterizar los diferentes contaminantes del aire, incluyendo compuestos tales como metales pesados, compuestos orgánicos volátiles, compuestos aromáticos policíclicos, material particulado, monóxido de carbono y bioaerosoles; estas investigaciones han sido el marco para el desarrollo de trabajos en otras ciudades o regiones del país. Los resultados más relevantes de algunos de estos trabajos se presentan a continuación:

- En 2007 se realizó un diagnóstico de la problemática de contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá, que corroboró lo reportado por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, desde el año de 1998 (Gaitán, 2007).
- Se han realizado caracterizaciones de metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos orgánicos volátiles, en Bogotá y municipios aledaños, estableciendo sus fuentes de emisión; se ha encontrado Plomo, Cadmio, Níquel, Manganeso, Hierro, Cromo, Zinc, benzo(a)pireno, acenaftileno, fluoreno, antraceno, los cuales en ocasiones exceden los valores guía internacionales (Leguía, 2004; Pachón, 2004, 2008; Martínez, 2005).
- Se ha caracterizado el PM₁₀ en dos localidades de Bogotá (Puente Aranda y Fontibón), encontrando concentraciones de metales como Calcio (2,23 µg/m³), Hierro (0,64 µg/m³), Cromo (0,19 µg/m³) y Plomo (0,39 µg/m³). Las concentraciones de los HAP's en su mayoría se encuentran en un rango no mayor de 20 a 30 ng/m³, a diferencia del Criseno (170,62 ng/m³), el cual se considera como cancerígeno. También se destaca que existen concentraciones importantes de Antraceno (18,32 ng/m³), Benzo (a) perileno (22,59 ng/m³), Benzo (b) Fluoreno (19,70 ng/m³), Benzo (g,h,i) perileno (13,26 ng/m³), Dibenzo (a,h) Antraceno (37,18 ng/m³), Fluoreno (18,14 ng/m³) y Pireno (22,81 ng/m³) (ULS, 2008).
- La lluvia ácida ha sido estudiada en la ciudad; se han registrados valores con un pH menor a 5.6 (García, 2004).
- Se han establecido los aportes de fuentes fijas y móviles, así como aquellas de origen natural, por emisiones de compuestos orgánicos volátiles (emisiones biogénicas) (Dúran, 2003), por material particulado en áreas residenciales de Bogotá (Vargas, 2010,2012), por vías de alto flujo vehicular como la carrera séptima (Espinosa, 2006) y fuentes intramuros, tales como fumadores activos y las costumbres y hábitos de las personas que residen en la vivienda (Amarillo, 2005).
- Se realizó la medición de PM₁₀ en las inmediaciones de una vía que presente un alto flujo vehicular (Carrera Séptima de Bogotá), registrando una concentración máxima de 210 µg/m³ (Carrera Séptima con Calle 31) donde se presenta una geometría de cañón urbano de ocho carriles, en el horario de las 7:00 y 9:00 de la mañana, mientras que el caso de la concentración más bajas fue de 25 µg/m³ (Carrera Séptima con Calle 19), la cual presenta una geometría de cañón urbano de tres carriles, en el horario de las 7:00 y 9:00 de la mañana. Se estableció que en ciertas zonas de la Avenida Carrera Séptima, los transeúntes se encuentran sujetos a dos tipos de exposición: crítica (línea base que supera las normas de calidad del aire) y aguda (episodios severos de contaminación de corta duración). Este es un resultado de gran importancia ya que estos dos tipos de exposición, se encuentran asociados con respuestas toxicológicas diferentes que deben ser motivo de preocupación tanto para autoridades ambientales, como para aquellas que atienden temas de salud pública. El estudio concluye que el tráfico vehicular, especialmente el que tiene que ver con

motores diésel, influye de forma directa en los niveles de exposición a la contaminación por material particulado en las inmediaciones de una vía de transporte (UNIANDES, 2007).

- Durante los años 2006 y 2007 se seleccionaron cuatro Colegios Distritales (CD) ubicados en diferentes localidades de la ciudad de Bogotá. Tres de estas instituciones estaban ubicadas sobre vías principales de la ciudad, consideradas de alto tráfico vehicular y una sobre una vía de bajo flujo vehicular en zona semi-rural. El análisis realizado en el estudio piloto sugiere que los niveles de concentración de material particulado en las inmediaciones de los colegios distritales evaluados son elevados y superiores a los valores de referencia que han sido considerados como nocivos para la salud de poblaciones sensibles por la OMS. Las concentraciones registradas son de especial preocupación teniendo en cuenta que los menores permanecen en sus instituciones educativas por periodos de ocho horas o más.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de PM_{10} encontradas en el colegio distrital seleccionado como control y las concentraciones encontradas en los otros tres colegios. Esta situación está relacionada con la diferencia en la cantidad de tráfico vehicular que circula por la vía sobre la que se encuentra ubicado el CD (en especial de vehículos que operan con diésel como combustible). A partir de la información en tiempo real, se pudo sugerir que esta diferencia es mayor para los CD ubicados en vías con presencia predominante de transporte público colectivo (Franco JF, 2009).

Las investigaciones citadas anteriormente, se presentan a continuación:

Tabla 4.55. Resumen de la investigación contribución de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles con la calidad del aire en los corredores viales de la calle 170 entre carreras séptima y autopista, Carrera 11 entre calles cien y ochenta y cinco y avenida ciudad de cali entre calles veintiséis y trece de la ciudad de Bogotá D.C.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Contribución de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles con la calidad del aire en los corredores viales de la calle 170 entre carreras séptima y autopista, Carrera 11 entre calles cien y ochenta y cinco y avenida ciudad de cali entre calles veintiséis y trece de la ciudad de Bogotá D.C. | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Durán Pinto Julián Andrés; Acuña Bermúdez Julián Darío; 2003 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Compuestos orgánicos volátiles (COV) |
| Objetivo: Analizar la contribución de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles biogénicos en los tramos viales de la calle 170 entre la carrera séptima y la Autopista norte, carrera 11 entre calles cien y ochenta y cinco y la avenida ciudad de Cali entre calles veintiséis y trece de la ciudad de Bogotá D.C. | |

Resultados:

- Las emisiones biogénicas de COV representan el 7% con respecto a las emisiones vehiculares y el 60 % con respecto a las emisiones industriales de compuestos orgánicos volátiles no metanizados.
- Cada *Género* vegetativo posee un factor de emisión diferente en magnitud y en porcentaje de isopreno, monoterpenos y otros COV's. Esto hace que la cantidad de estos COV biogénicos generados en cada tramo vial difieran en cada caso, en función de la vegetación. Así mismo, la proporción de estas emisiones biogénicas dentro de cada tramo vial fluctúa en función del mes en que se determine, ya que la temperatura y la radiación solar influyen en la emisión de isopreno y de monoterpenos.
- La vegetación inventariada en los tres tramos viales emite 471 Kg/año en el tramo vial 1, 210 Kg/año en el tramo vial 2 y 206 Kg/año en el tramo vial 3 de compuestos tales como isopreno, monoterpenos y otros COV's.
- Las emisiones vehiculares de alquenos sobrepasan en gran medida, de un 93 a un 98%, a las emisiones biogénicas de COV en los tres tramos viales. Es decir, los vehículos automotores tienen la mayor responsabilidad en cuanto a emisiones atmosféricas en cada uno de los tres tramos viales estudiados.

Nota Fuente: Durán JA, & Acuña JD. Contribución de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles con la calidad del aire en los corredores viales de la calle 170 entre carreras séptima y autopista, carrera 11 entre calles cien y ochenta y cinco y avenida ciudad de Cali entre calles veintiséis y trece de la ciudad de Bogotá DC [Tesis]. Santa fe de Bogotá: Universidad de la Salle;2003.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.56. Resumen del artículo Estimativo de precursores y comportamiento de la precipitación ácida -húmeda y seca-en el norte de Bogotá, D.C

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Estimativo de precursores y comportamiento de la precipitación ácida -húmeda y seca-en el norte de Bogotá, D.C | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: García Lozada H, Antolinez Esquivel A, Díaz Álvarez CJ, 2004 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Lluvia ácida |
| Objetivo: Establecer el comportamiento de la precipitación ácida -húmeda y seca-en el sector norte de la ciudad. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • En el área de estudio, no se desarrollan actividades industriales de importancia y se puede afirmar que el aporte de precursores -óxidos de azufre y de nitrógeno-proviene esencialmente de las emisiones vehiculares. Los estimativos realizados indican que el aporte en este sector, por parte de los vehículos, puede representar el 29% de las emisiones totales de NOx en la ciudad y el 2.7% de las emisiones totales de SO₂. • La precipitación seca no muestra el carácter ácido observado en la húmeda y, por el contrario, el polvo sedimentado en los colectores expuestos durante 35 días arrojó valores de pH alcalinos. • Entre diciembre del 2002 y abril del 2003 se documentaron 35 eventos de lluvia y se encontró que el 70% de las 17 muestras de agua lluvia en el sector oriental y el 83% de 18 en el sector occidental, de la autopista norte, muestran un pH menor a 5.6, considerado como el valor natural del pH en la lluvia. En el polvo sedimentable el pH fue de 7.47, al occidente de la autopista y de 7.78, al oriente; mientras que en los transectos, el pH se detectó en el intervalo entre 5.71 y 6.70. | |

Nota Fuente: García H, Antolinez A, & Díaz C. Estimativo de precursores y comportamiento de la precipitación ácida-húmeda y seca-en el norte de Bogotá DC. Meteorología Colombiana;2004;8:37-42.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.57. Resumen de la tesis Sustancias peligrosas en las partículas suspendidas totales en un área de influencia vehicular de Bogotá.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Sustancias peligrosas en las partículas suspendidas totales en un área de influencia vehicular de Bogotá, D.C. | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Claudia Patricia Leguía Pachón, 2004 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Sustancias peligrosas |
| Objetivo: Identificar las sustancias peligrosas en las partículas suspendidas totales en un área de influencia vehicular de Bogotá | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las concentraciones de PST encontradas durante los días de estudio no exceden la normatividad local, pero son altos en comparación con los valores recomendados por la OMS. Las concentraciones de los metales seleccionados se encontraron por debajo de las concentraciones máximas recomendadas tanto por la Resolución 1208 del DAMA, como por los guías establecidos por la OMS. Las mayores concentraciones encontradas corresponden al Plomo, seguidas del Cobre y en menor concentración el Manganeso. La relación Pb/Cd encontrada durante el estudio permite establecer que el tráfico vehicular contribuye a la presencia de estos contaminantes en la zona de estudio. Las concentraciones de acenafileno, fluoreno, antraceno y benzo(b)fluoranteno se encuentran por debajo de los 10 ng/m³, mientras las concentraciones de fenantreno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(k)fluoranteno y benzo(g,h,i)perileno se encuentran entre 10-100 ng/m³ y las de pireno, benzo(a)pireno, dibenzo(ah)antraceno e indeno (1,2,3cd) superan las concentraciones de 100 ng/m³. De acuerdo a los valores encontrados para los HAP, en función de los factores equivalentes de toxicidad, se encontraron altas concentraciones de estos contaminantes en relación con las normas establecidas en países europeos que toman como aceptables concentraciones anuales de benzo(a)pireno de 0.7 – 1.3 ng/m³. | |

Nota Fuente: Leguía CP. Sustancias peligrosas en las partículas suspendidas totales en un área de influencia vehicular de Bogotá DC[Tesis]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia;2004.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.58. Resumen del artículo Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en muestras de partículas atmosféricas PM₁₀ en la zona metropolitana de la ciudad de Bogotá (Colombia).

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en muestras de partículas atmosféricas PM ₁₀ en la zona metropolitana de la ciudad de Bogotá (Colombia) | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Pachón, J., H. García, M. Bustos, H. Bravo & R. Sosa. 2004 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: HAP |
| Objetivo: Determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en partículas respirables en tres municipios con vocación industrial de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Bogotá (ZMCB). | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se encontró que en Soacha se excede ocho veces el valor de la norma diaria, con valores de concentración mínima y máxima de 14.77 y 207.22 µg/m³ respectivamente. Al calcular el promedio semestral para Soacha se obtuvo un valor de 109.54±45.32 µg/m³. Para los municipios de Sibate y Cajicá no se presentó excedencia de la norma diaria. Se lograron identificar en este estudio fenantreno (Phe), antraceno (Ant), fluoranteno (Fla), pireno (Pyr), benzo(a)antraceno (BaA), criseno (Cri), benzo(ghi)perileno (BgP) e Indeno(1,2,3-cd)pireno (Ind). No fue posible cuantificar naftaleno (Nap), acenafileno (Acy), acenafteno (Ace), ni fluoreno (Flu) por ser hidrocarburos ligeros y volátiles con mayor presencia en la fase gaseosa del aire. Al comparar la situación de los tres municipios con respecto a HAP, se observó que la mayor concentración se encuentra en el municipio de Soacha. Al comparar los valores de las concentraciones totales de los 16 HAP en | |

muestras de partículas de 24 horas, se tuvo en Soacha un valor de 16.30 ng/m³, en Cajicá 3.38 ng/m³ y en Sibaté 0.76 ng/m³.

- La correlación de las especies HAP encontradas con las fuentes de emisión indican que provienen en su mayoría de fuentes móviles.

Nota Fuente: Pachón J, García H, Bustos M, Bravo H, & Sosa R. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en muestras de partículas atmosféricas en la zona metropolitana de la ciudad de Bogotá, Colombia. *Meteorología Colombiana*;2004;8:27-35.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.59. Resumen de la tesis Estudio de la calidad del aire al interior de los hogares en los sectores de Puente Aranda, Salazar Gómez y San Rafael en la localidad de Puente Aranda.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Estudio de la calidad del aire al interior de los hogares en los sectores de Puente Aranda, Salazar Gómez y San Rafael en la localidad de Puente Aranda. Bogotá. D.C. | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Amarillo Castro María Fernanda; Pastrana Granados Eduardo; 2005 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: PM ₁₀ y CO |
| Objetivo: Determinar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos al interior de los hogares de los barrios Puente Aranda, San Rafael y Salazar Gómez. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Las fuentes fijas y móviles son los más grandes contribuyentes en la concentración de los contaminantes atmosféricos determinados, pero sin dejar atrás el aporte generado por las costumbres y hábitos de los residentes presentes en cada uno de los hogares donde se hicieron las mediciones. • La concentración de los contaminantes al interior se ve influenciada por la concentración existente en el ambiente exterior, sin embargo debido a las características de la vivienda estos pueden tener mayor o menor dispersión en la atmósfera. • En relación a las concentraciones de CO, se observa que una fuente importante al incremento de dicha contaminación es la presencia de fumadores en el interior de los hogares, ya que por medio de la ejecución de los muestreos se reportaron los niveles de monóxido de carbono más elevados en los espacios donde se presentan dichos hábitos. | |

Nota Fuente: Amarillo MF, & Pastrana E. Estudio de la calidad del aire al interior de los hogares en los sectores de Puente Aranda, Salazar Gómez y San Rafael en la localidad de Puente Aranda [Tesis]. Bogotá DC: Universidad de Salle;2005.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.60. Resumen de la tesis Concentración de sustancias peligrosas en material particulado recolectado en estaciones de monitoreo de la CAR-Cundinamarca.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Concentración de sustancias peligrosas en material particulado recolectado en estaciones de monitoreo de la CAR-Cundinamarca. | |
| Lugar: Cundinamarca | Autor/año: José Alejandro Martínez Sepúlveda,2005 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Metales pesados y HAP |
| Objetivo: Analizar el contenido de algunos HAP y Metales Pesados (MP) seleccionados, en los filtros de PM ₁₀ de algunas estaciones de la red de calidad de aire de la CAR que se encuentran en cercanías a la ciudad de Bogotá D.C. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • El Plomo, que fue el metal pesado con mayor concentración hallado en el estudio, debe su procedencia probablemente a las actividades de fundición de chatarra, de cobre y de Plomo (reciclaje de baterías de automóviles) que se llevan a cabo principalmente en la zona de Soacha y Sibaté – Muña. • La relación Pb/Cd puede ser usada como un indicador de procedencia de estos metales, encontrándose que si las relaciones son menores a 14 tienen una procedencia natural, mientras que si las relaciones son mayores a | |

dicho valor, la procedencia es antrópica. Para La Calera y Mosquera (17 y 27 respectivamente) estas relaciones indican cierto nivel de procedencia natural de los metales, pero para los casos de Mosquera, Usme, Muña y Soacha (64, 225, 4043 y 4179 respectivamente) la relación es un serio indicio de la procedencia antrópica de dichos metales pesados.

- Las mayores concentraciones Níquel corresponden a los municipios de Soacha, Mosquera, Muña y Usme, caracterizados por la presencia de alguna de las dos actividades.
- Cota es el municipio que posee mayor concentración de manganeso; es posible establecer como fuente algunas actividades de tratamiento de residuos que se encuentran en inmediaciones a la zona, entre otras actividades.
- En cuanto a los HAP, se observó que del 100% de valores de concentración altos (43 datos), el 42% corresponde a Soacha, el 23% corresponde a La Calera, el 23% a Muña y el 5% corresponde a Mosquera.
- Los municipios de Soacha y Cota presentan valores de BAP/BGP [benzo(a)pireno/ Benzo(ghi)perileno] superiores a 0.6 y valores pequeños de IND/BGP [Indeno(123-cd)pireno/Benzo(ghi)perileno]; por esta razón se puede identificar una alta prevalencia de fuentes móviles en la zona.
- Se confirmó la alta presencia de BAP en los municipios de Muña, La Calera, Cota y Soacha, lo cual podría ser indicio de quema de madera o derivados de la misma, que podría corresponder a las labores de fundición y chircales que se realizan en dicha área; para La Calera y Soacha, se presentan valores elevados de Pireno, lo que implicaría que hay un consumo de Fuel Oil (5% de los energéticos usados en la zona), misma tendencia que presentan los municipios frente al consumo de aceite industrial (equiparable al crudo de castilla que tenía un 22% de la canasta de energéticos de la zona).
- El BAP se encontró en todos los municipios excepto Mosquera. Por otra parte, la presencia de Fenantreno (PHE), Antraceno (ANT), Fluoranteno (FLA) y Pireno (PYR) en todos los municipios, y en altas concentraciones en Soacha, Cota, Muña (e incluso Usme) hace referencia a emisiones debidas a la combustión de la gasolina.

Nota Fuente: Martínez JA. Concentración de sustancias peligrosas en material particulado recolectado en estaciones de monitoreo de la CAR-Cundinamarca [Tesis]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia;2005.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.61. Resumen del artículo Caracterización del material particulado en dos vías de transporte público colectivo y masivo en Bogotá

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Caracterización del material particulado en dos vías de transporte público colectivo y masivo en Bogotá | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Espinosa Valderrama Mónica; Rojas Néstor Y.; Gómez Rigoberto,2006 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Material Particulado |
| Objetivo: Establecer la concentración y algunas características químicas (contenido Fe, Pb, Cd, Mn, carbono orgánico y carbono elemental) del material particulado recolectado al lado de dos vías, en las cuales opera uno de los sistemas de transporte público colectivo y masivo, respectivamente. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La mayor concentración de PM_{2,5} se obtuvo en la carrera Séptima (46,39 µg/m³) la cual es una vía de transporte tradicional; este valor fue casi tres veces mayor a la que se presentó en la avenida Caracas (16,53 µg/m³) y más de cinco veces mayor a la concentración base (7,18 µg/m³). Las concentraciones de PM_{2,5} de la avenida Caracas y de la carrera Séptima sobrepasaron el límite para un promedio anual recomendado por la EPA (15 µg/m³) y en ninguno de los dos casos se sobrepasó el límite promedio para 24 horas de la EPA (65 µg/m³). • En cuanto a PM₁₀, la mayor concentración se presentó en la carrera Séptima (49,65 µg/m³), seguido por la avenida Caracas (24,64 µg/m³). El valor de la concentración en la carrera Séptima fue cercano al límite establecido por la EPA como promedio anual (50 µg/m³); la concentración de PM₁₀ en la Séptima fue el doble de la concentración en la avenida Caracas y más de cinco veces mayor a la concentración base que fue de 8,8 µg/m³. • El aporte total de metales en los tres sitios de estudio fue mayor en la fracción de material particulado (MP) recolectado en la etapa de d₅₀ = 0,4 µm, es común que en el aire de las vías la mayor fuente de MP sean las | |

emisiones vehiculares, las cuales en su mayor parte son MP fino y ultrafino. En los tres sitios de muestreo, la concentración de Cd fue mayor en la fracción de $d_{50} = 2,5 \mu\text{m}$; en cambio se encontró mayor concentración de Pb y de Fe en la fracción de MP de $d_{50} = 0,4 \mu\text{m}$. Por su parte, el Mn tuvo mayor concentración en el MP de $d_{50} = 0,4 \mu\text{m}$ en el sitio de concentración base y en la avenida Caracas, pero mayor concentración en la fracción de $d_{50} = 2,5 \mu\text{m}$ en la carrera Séptima. En ninguno de los casos se sobrepasó el límite de concentración para promedio anual según la Resolución 391 de 2001 del DAMA. Tampoco se sobrepasó ninguno de los valores establecidos por organizaciones como la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) para un ambiente laboral, que aplicaría para el caso de las personas que trabajan en las calles como celadores, vendedores ambulantes, policías de tránsito, etc.

Nota Fuente: Espinosa M, Rojas NY, & Gómez R. Caracterización del material particulado en dos vías de transporte público colectivo y masivo en Bogotá. Acta Nova;2006;32:323-335.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.62. Resumen de la investigación Concentraciones de material particulado respirable suspendido en el aire en inmediaciones de una vía de transporte público colectivo.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Concentraciones de material particulado respirable suspendido en el aire en inmediaciones de una vía de transporte público colectivo. | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Universidad de los Andes, 2007 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM_{10} |
| Objetivo: Identificar y analizar el impacto de las variables que determinan las concentraciones de material particulado respirable suspendido en el aire de Bogotá, en las inmediaciones de una vía que presente un alto flujo vehicular, especialmente en lo referente al transporte público colectivo. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se llevaron a cabo una serie de mediciones en la Avenida Carrera Séptima, una de las más transitadas del país; los puntos de monitoreo estaban conformados de la siguiente forma: <p>El punto de muestro localizado sobre la calle 19 corresponde a una sección de tres carriles y geometría de cañón urbano (Lugar 1), el punto localizado sobre la calle 24 corresponde a sección de tres carriles y geometría de calle abierta (Lugar 2), el punto localizado sobre la calle 27 corresponde a sección de ocho carriles y geometría de calle abierta (Lugar 3), el punto localizado sobre la calle 31 corresponde a sección de ocho carriles y geometría de cañón urbano (Lugar 4), el punto localizado sobre la calle 72 corresponde a sección de seis carriles y geometría de cañón urbano (Lugar 5), y el punto localizado sobre la calle 85 corresponde a sección de seis carriles y geometría de calle abierta (Lugar 6).</p> <ul style="list-style-type: none"> Se registraron valores de más de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} alcanzando incluso niveles tan altos como $2,700 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las concentraciones de PM_{10} en los cañones urbanos fueron significativamente superiores (en términos estadísticos) que en las calles abiertas. La sección transversal de la calle hace referencia al número total de carriles presentes en la vía (contando ambas direcciones si es el caso). Se caracterizaron tres tipos de secciones transversales: 3, 6 y 8 carriles. Según los resultados obtenidos, las concentraciones de PM_{10} en los lugares con sección de 8 carriles fueron significativamente superiores (en términos estadísticos) que en los lugares con secciones transversales de 6 carriles. Estas últimas concentraciones fueron a su vez significativamente superiores que en los lugares con secciones transversales de 3 carriles. En resumen, a mayor cantidad de carriles en la sección transversal de la vía, mayores serán las concentraciones de PM_{10} que se encontrarán en los alrededores de las mismas. También se tuvo en cuenta el nivel de congestión vehicular mediante la recolección de información a distintas horas del día en los seis diferentes lugares utilizados como sitios de muestro. De esta manera, las mediciones se llevaron a cabo entre 7:00 y 9:00 de la mañana, entre 11:00 de la mañana y 1:00 de la tarde, y entre 3:00 y 5:00 de tarde en todos los puntos de monitores, exceptuando los puntos de control. Cada uno de estos tres períodos de medición representó una condición de congestión vehicular. Las mediciones entre las 7:00 y 9:00 | |

de la mañana se consideraron representativas de una condición de tráfico con alto flujo vehicular, las mediciones entre las 3:00 y 5:00 de la tarde representativas de una condición de tráfico con flujo vehicular intermedio, y las mediciones entre las 11:00 de la mañana y la 1:00 de la tarde representativas de una condición de tráfico con bajo flujo vehicular. Las concentraciones de PM₁₀ en el período representativo de alto flujo vehicular (entre 7:00 y 9:00 de la mañana) fueron, en términos estadísticos, significativamente superiores a las concentraciones registradas durante los períodos con flujo vehicular medio y bajo.

- La concentración más alta (media = 210 µg/m³; mediana = 180 µg/m³) se presentó en la Carrera Séptima con Calle 31 (cañón urbano de ocho carriles) entre 7:00 y 9:00 de la mañana, mientras que el caso de las concentraciones más bajas (media = 25 µg/m³; mediana = 12 µg/m³) se presentó en la Carrera Séptima con Calle 19 (cañón urbano de tres carriles) entre 7:00 y 9:00 de la mañana. Durante la totalidad de los 40 monitoreos, correspondientes a 75 horas de medición, se presentaron altas concentraciones de material particulado que sobrepasaron los niveles de la norma anual de PM₁₀ (70 µg/m³, 35% de excedencia de la norma anual). Más importante aún, durante este mismo monitoreo, en una fracción muy importante del tiempo también se sobrepasaron los niveles de la norma diaria de calidad del aire para PM₁₀ (150 µg/m³, 12% de excedencia de la norma diaria), lo que corresponde a unas condiciones de calidad del aire con el potencial de afectar a toda la población sujeta a tales niveles de exposición.
- En términos generales, todas las variables consideradas demostraron tener un impacto estadísticamente significativo en las concentraciones de PM₁₀ registradas en las inmediaciones de la vía estudiada. De esta manera, las concentraciones de PM₁₀ en los cañones urbanos fueron significativamente superiores que aquellas encontradas en calles abiertas, al mismo tiempo que las concentraciones de PM₁₀ fueron más altas en los sectores de la vía con un mayor número de carriles y en los momentos del día en los que se presentaron mayores niveles de congestión vehicular.

Nota Fuente: [UNIANDES] Concentraciones de material particulado respirable suspendido en el aire en inmediaciones de una vía de transporte público colectivo. Investigación. Bogotá DC: UNIANDES;2007.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.63. Resumen del artículo Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Gaitán Mauricio; Cancino Juliana; Behrentz Eduardo; 2007 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃ y PM ₁₀ |
| Objetivo: Generar un diagnóstico del problema de contaminación atmosférica de la ciudad de Bogotá | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • De acuerdo a los registros de la Red Monitoreo Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), en la ciudad no se presenta un problema de contaminación del aire para SO₂, NO₂ y CO. • Para el caso de SO₂, las concentraciones atmosféricas rara vez superan la norma anual que rige para la ciudad (26 ppb). Lo mismo ocurre para la norma diaria y de 3 horas. Algo similar se observa para las concentraciones de NO₂, las cuales típicamente son inferiores a la norma anual de la ciudad (53 ppb). • Para el ozono troposférico y el CO se observan concentraciones relativamente bajas en la ciudad, que para el caso de este último contaminante suelen ser inferiores a 5 ppm. • Desde el año 2001 y a nivel de toda el área urbana del distrito capital se incumple la norma anual local de PM₁₀ (55 µg/m³) en más del 40% de los días del año. | |

Nota Fuente: Gaitán M, Cancino J, & Behrentz E. Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá 2007. Dossier: Ingeniería y medio ambiente;2007;26:81-92.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.64. Resumen de la investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT | |
| Lugar: Bogotá D.C. | Autor/año: Universidad de la Salle, 2008 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los resultados de los metales en la ciudad muestran que el metal que se encuentra mayoritariamente es el Calcio ($2,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y en menor concentración se encontraron Hierro ($0,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Cromo ($0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Plomo ($0,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Para el Plomo se destaca que si bien no superan el límite permisible ($1,5 \text{mg}/\text{m}^3$), los resultados son permanentes a través del tiempo, lo que implica que las concentraciones del metal en el ambiente son constantes, bien sea por qué no hay dispersión de este contaminante o porque su fuentes emiten de manera regular. • Para carbono orgánico (CO) ($14,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y carbono elemental (CE) ($8,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se destaca que durante el mes de noviembre de 2007 se presentaron las concentraciones más altas de los dos componentes, esto puede ser originado por la intensa actividad industrial y comercial que antecede al periodo navideño y se correlaciona por el descenso en las precipitaciones respecto al mes de octubre de 2007. • Para la concentración de iones, se destaca la proporción significativa de iones Sulfatos ($2,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Nitratos ($4,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pues este tipo de componentes se forman en la atmósfera como resultado de la reacción de contaminantes atmosféricos primarios. Es necesario destacar la correspondencia entre la presencia de Sulfatos y Nitratos, lo cual implica la presencia común de sus precursores en las fuentes de emisión que las origina. Los datos obtenidos de CO y CE permiten aseverar que existe una relación importante entre las fuentes que originan Sulfatos y Nitratos y las fuentes que originan CE, esto permite realizar aproximaciones en el sentido de asociar estos parámetros con el empleo de combustibles con importantes emisiones de compuestos nitrogenados y azufrados, es decir, combustibles diésel. Las concentraciones encontradas de Amonio ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como contaminante originado a partir de fuentes fijas y móviles permiten establecer un nivel, igualmente importante, de emisiones originadas a partir de fuentes fijas a las emisiones en Bogotá. • Las concentraciones de los HAP's en su mayoría se encuentran en un rango no mayor de 20 a 30 ng/m^3, a diferencia del compuesto criseno ($170,62 \text{ng}/\text{m}^3$), el cual se considera como cancerígeno. También se destaca que existen concentraciones importantes de Antraceno ($18,32 \text{ng}/\text{m}^3$), Benzo (a) perileno ($22,59 \text{ng}/\text{m}^3$), Benzo (b) Fluoreno ($19,70 \text{ng}/\text{m}^3$), Benzo (g,h,i) perileno ($13,26 \text{ng}/\text{m}^3$), Dibenzo (a,h) Antraceno ($37,18 \text{ng}/\text{m}^3$), Fluoreno ($18,14 \text{ng}/\text{m}^3$) y Pireno ($22,81 \text{ng}/\text{m}^3$), es decir, la presencia, la persistencia y las elevadas concentraciones encontradas para los HAP's en la ciudad muestran el efecto claro de las emisiones por consumo de combustible en Bogotá; de igual manera los trazadores de combustibles, muestran que existe una significativa proporción de aportes de fuentes móviles a las emisiones de HAP's, sin dejar de lado que en Bogotá existen aportes por quema de carbón, gasolina ACPM y principalmente diésel. • El CE es la especie que mayor masa proporciona al PM₁₀ de Bogotá con un 22%. El CO aporta 12% en promedio a la masa de PM₁₀. Nitratos aportan el 7%. El 47% pertenece a otras especies no identificadas por los análisis realizados. | |

Nota Fuente: [ULS] Universidad de la Salle. Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas (Contrato 2062394). Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT);2008.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.65.Resumen del artículo Análisis espacio-temporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá-Colombia.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Análisis espacio-temporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá-Colombia | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Pachón Jorge Eduardo; Sarmiento Vela Hugo; 2008 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Metales Pesados |
| Objetivo: Realizar la caracterización química del PM ₁₀ recolectado en la Localidad de Puente Aranda de Bogotá. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ en Puente Aranda se encontraron entre 65 y 100 µg/m³, mientras que para el norte de la ciudad variaban entre 20 y 30 µg/m³. Los principales metales encontrados en la zona industrial fueron Hierro y Plomo, con concentraciones hasta de 4.000 ng/m³. El grupo de metales Cobre, Cromo, Zinc, Níquel y Manganeseo presentaron un rango medio de concentración (50 a 700 ng/m³ en Puente Aranda, <100 ng/m³ en el norte de la ciudad). Los metales con las menores concentraciones en la atmósfera fueron Cadmio y Plata. | |

Nota Fuente: Pachón J, & Sarmiento H. Análisis espacio-temporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá-Colombia. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia;2008;43:120-133.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.66.Resumen del artículo Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Juan Felipe Franco, Néstor Yesid Rojas, Olga Lucía Sarmiento, Luis Jorge Hernández, Elizabeth Zapata, Andrea Maldonado, Leonardo Matiz, Eduardo Behrent, 2009. |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Caracterizar los niveles de concentración de PM ₁₀ a los que están expuestos los menores en edad escolar en Colegios Distritales (CD) ubicados sobre corredores viales considerados de alto tráfico en la ciudad de Bogotá. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se seleccionaron cuatro colegios distritales ubicados en diferentes localidades de la ciudad. Tres de estas instituciones estaban ubicadas sobre vías principales de la ciudad, consideradas de alto tráfico vehicular y una sobre una vía de bajo flujo vehicular en zona semi-rural. Los valores diarios obtenidos gravimétricamente estuvieron entre los 87 y 91 µg/m³ para los colegios ubicados sobre vías con alto tráfico vehicular, en el punto más cercano a la vía de interés dentro de cada CD. Mientras tanto, el valor medio para la institución ubicada en la zona con bajo flujo de vehículos fue de 55 µg/m³. Estas diferencias pueden estar asociadas con el tipo y cantidad de tráfico vehicular que circula por las vías de interés Las concentraciones medias reportadas por la estación de la red de monitoreo de la calidad del aire más próxima a cada colegio son menores que las concentraciones medias obtenidas por las mediciones gravimétrica realizadas para este estudio, excepto para la CD1. De la misma manera, para CD2 y CD3 la diferencia entre la concentración base (reportada por la estación de monitoreo más cercana) y la concentración media de los ensayos realizados en este estudio, es mayor que para CD4. Esta evidencia puede ser un indicador de la importancia y el impacto que las emisiones de los vehículos que circulan por la vía, tienen sobre las concentraciones de PM registradas en cada CD. Siendo dicho impacto de mayor magnitud en las instituciones ubicadas sobre vías donde el número de buses del transporte público colectivo es mayor (CD2 y CD3). Al comparar las concentraciones gravimétricas registradas en cada colegio, los valores medios de material particulado son superiores a los valores de referencia que la OMS considera como perjudiciales para poblaciones sensibles. Esta situación es de especial preocupación si se considera que para en los cuatro CD | |

participantes en este estudio, los menores permanecen cerca de ocho horas diarias y siendo el punto más cercano a la vía de interés en el interior del colegio una zona recreativa o un patio de juegos.

Nota Fuente: Franco JF, Rojas NY, Sarmiento OL, Hernandez LJ, Zapata E, Maldonado A, & et al. Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia;2009;49:101-111.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.67. Resumen del artículo Composición química y reconstrucción másica del material particulado suspendido en el aire de Bogotá.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Composición química y reconstrucción másica del material particulado suspendido en el aire de Bogotá | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Vargas Freddy A; Rojas Néstor Y; 2010. |
| Tipo documento: Artículo revista | Contaminante estudiado: Material particulado |
| Objetivo: Caracterizar químicamente el material particulado en dos puntos de la ciudad de Bogotá | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Los mayores aportes al PM₁₀ en Bogotá están constituidos por fracciones carbonáceas, las cuales están asociadas principalmente a las fuentes de combustión, tanto fijas como móviles. La fracción mineral, asociada a polvo fugitivo o resuspendido por fuentes móviles, es también apreciable, aunque su aporte al PM_{2.5} es muy probablemente, mucho menor. • La composición es diferente para cada sector, pero en general las fracciones que más aportan al material particulado son la geológica (asociada a polvo fugitivo y resuspendido), entre el 37 y 42%; las fracciones carbonáceas, que son las que más aportan, entre un 12 y 11% para el carbono elemental y un 43 y 34% para materia orgánica; la fracción iónica se encontró entre un 5 y 8%. | |

Nota Fuente: Vargas FA, & Rojas NY. Composición química y reconstrucción másica del material particulado suspendido en el aire de Bogotá. Ingeniería e investigación;2010;30:105-115.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.68. Abstract of article PM₁₀ characterization and source apportionment at two residential areas in Bogota.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: PM ₁₀ characterization and source apportionment at two residential areas in Bogota | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Freddy A. Vargas FA, Rojas NY, Pachon JE, Russell AG. 2012 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Evaluar la contribución de PM ₁₀ de diferentes fuentes en dos áreas residenciales de Bogotá. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Las fuentes móviles y el polvo arrastrado por el viento se identificaron como las fuentes más importantes de PM₁₀ en ambos sitios. • El estudio encontró que la contaminación del aire por material particulado es mayor en la localidad de Kennedy que en Suba. Sin embargo, ambas áreas residenciales registran elevados niveles de PM₁₀. • El análisis químico mostró que los materiales carbonosos y de la corteza conforman casi el 85% del PM₁₀ en estos sitios, mientras que la fracción iónica está por debajo del 8%. | |

Nota Fuente: Vargas FA, Rojas NY, Pachon JE, & Russell AG. PM₁₀ characterization and source apportionment at two residential areas in Bogota. Atmospheric Pollution Research;2012;3:72-80.

*Adaptado por el autor.

También se han identificado microorganismos en el aire, que pueden incidir en la salud de la población, abordando así el campo de la aerobiología, donde las bacterias, virus y hongos

que son contaminantes biológicos del aire, pueden trascender a ambientes intramuros o interactuar con otros contaminantes químicos (metales pesados), generando un aumento en la morbilidad de enfermedades respiratorias en la población (Rey, 2005; Blanco LC, 2006; Carreño, 2008; Acosta, 2011).

Tabla 4.69. Resumen de la tesis Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad Industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad Industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda, en Bogotá D.C | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Rey Rodríguez Ivone Milena; Fula Huertas Yelitza Milena; 2005 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Bioaerosoles |
| Objetivo: Evaluar la presencia de determinados microorganismos patógenos en bioaerosoles en un sector de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda. | |
| Resultados: | |
| <p>6. Se identificaron 50 especies de bacterias, de las cuales, dos corresponden a especies mencionadas en la literatura como especies patógenas de vías respiratorias, <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>. Dentro de las especies identificadas algunas no son considerados como patógenos de tracto respiratorio, pero factores de riesgo presentes en la población, la hacen vulnerable y estos microorganismos actuarían como oportunistas.</p> <p>7. No existe un efecto significativo de la precipitación y la velocidad del viento sobre el número de unidades formadoras de colonia (UFC), para las muestras tomadas. La temperatura ejerce un efecto protector (relación inversa) sobre el número de UFC en el aire, aunque en la ciudad no hayan variaciones drásticas, esta variable tiene un efecto significativo reflejado en que en la noche el número de UFC es mayor que en la mañana o al medio día, para el medio agar sangre.</p> <p>8. La relación de UFC con PM₁₀ se confirmó en el medio agar chocolate, con una asociación directa como factor de riesgo para el transporte de microorganismos en el aire.</p> | |

Nota Fuente: Rey I, & Fula YM. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad Industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda, en Bogotá DC [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2005.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.70. Resumen del artículo Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda, Bogotá D.C. Colombia | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Blanco Becerra Luis Camilo; 2006 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ y microorganismos |
| Objetivo: Determinar la composición microbiológica del material particulado en la localidad de Puente Aranda | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se identificaron los siguientes grupos de microorganismos: <i>Serratia sp</i>, <i>Klebsiella sp</i>, <i>Yersinia sp</i>, <i>Pseudomonas sp</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Shigella sp</i>, <i>Corynebacterium sp</i>, <i>Candida sp</i> y <i>Rhodoturula sp</i>, <i>Aspergillus flavus</i>, <i>Aspergillus niger</i>, <i>Penicillium sp</i>, <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Staphylococcus epidermidis</i>; sin identificar <i>Haemophilus influenzae</i> y <i>Streptococcus pneumoniae</i> que son los causantes más importantes de infecciones Respiratorias Agudas. El factor de riesgo al que se encuentra expuesta la población, especialmente los niños y ancianos, es alto, ya que factores como las elevadas concentraciones de PM₁₀, que tienen como origen las fuentes fijas y móviles de la localidad y sus alrededores, sumadas a la prevalencia de un gran porcentaje de microorganismos considerados | |

como patógenos oportunistas, brinda condiciones óptimas para la ocurrencia de IRA en la población de la localidad.

Nota Fuente: Blanco LC. Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda, Bogotá DC, Colombia. Acta Nova;2006;3:257-284.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.71. Resumen de la tesis Determinación y correlación del material particulado y gases con los principales microorganismos patógenos existentes en los ambientes intramural y extramural presentes en tres jardines infantiles ubicados en las localidades de Fontibón, Puente Aranda y Kennedy.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Determinación y correlación del material particulado y gases con los principales microorganismos patógenos existentes en los ambientes intramural y extramural presentes en tres jardines infantiles ubicados en las localidades de Fontibón, Puente Aranda y Kennedy. | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Carreño Rodríguez Alejandra Carolina; Prieto Puentes Gloria Paola, 2008 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: PM ₁₀ y microorganismos |
| Objetivo: Determinar y correlacionar los principales microorganismos patógenos existentes en los ambientes intramurales y extramurales en tres jardines infantiles, ubicados en una zona de mayor exposición a material particulado y gases. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las bacterias más frecuentes durante el periodo de muestreo en las tres localidades de estudio fueron: <i>Pantoea agglomerans</i>, <i>Hafnia alvei</i>, <i>Bacillus polymixa</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, y <i>Staphylococcus xylosus</i>, mientras que los hongos más frecuentes identificados fueron: <i>Sepedonium sp.</i>, <i>Aspergillus fumigatus</i>, <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Acremonium sp.</i> En el aire interior se presentan concentraciones más altas que en ambientes exteriores, indicando una influencia del ambiente exterior hacia el interior, por la presencia de fuentes que a nivel interno, favorecen el aumento en las concentraciones tanto de contaminantes atmosféricos como de microorganismos. En la Localidad de Fontibón se observó que existe una relación con mayor frecuencia de la bacteria <i>Pantoea agglomerans</i> con la precipitación y concentraciones de PM₁₀, SO₂ y O₃. En la Localidad de Kennedy se observó que existe una relación más significativa entre la bacteria <i>Hafnia alvei</i>, la precipitación, velocidad del viento, temperatura y la concentración de SO₂. Finalmente en la Localidad de Puente Aranda se observa que existe una relación con mayor frecuencia entre la bacteria <i>Bacillus circulans</i>, la precipitación y la concentración de O₃. Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo en los ambientes intramural y extramural, permiten establecer que existe presencia en el aire bacterias responsables de enfermedades respiratorias, y que hay un número importante de patógenos oportunistas, tales como, <i>Staphylococcus aureus sb anaerobius</i>, <i>Pantoea agglomerans</i> y <i>Hafnia alvei</i>, que pueden causar infecciones en los ojos, piel, vías urinarias y articulaciones, cuando el organismo está inmunosuprimido y permite su desarrollo. | |

Nota Fuente: Carreño AC, & Prieto GP. Determinación y correlación del material particulado y gases con los principales microorganismos patógenos existentes en los ambientes intramural y extramural presentes en tres jardines infantiles ubicados en las localidades de Fontibón, Puente Aranda y Kennedy [Tesis]. Santa fe de Bogotá: Universidad de la Salle;2008.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.72. Resumen de la tesis Determinación de las posibles relaciones entre trazas de metales pesados (Pb, Ni, Fe, Cr) encontrados en el material particulado PM₁₀– PM_{2.5} y las especies bacterianas presentes en el aire en las localidades de Tunjuelito, Kennedy y Puente Aranda.

Nombre documento: Determinación de las posibles relaciones entre trazas de metales pesados (Pb, Ni, Fe, Cr)

| | |
|---|--|
| encontrados en el material particulado PM ₁₀ – PM _{2.5} y las especies bacterianas presentes en el aire en las localidades de Tunjuelito, Kennedy y Puente Aranda. | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Johana Patricia Acosta Roa, Kathleen Ivette Castañeda Parra; 2011 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Metales pesados (Pb, Ni, Fe, Cr) en el material particulado |
| Objetivo: Identificar las posibles relaciones entre trazas de metales pesados (Pb, Ni, Fe, Cr) encontrados en el material particulado PM ₁₀ –PM _{2.5} y las especies bacterianas presentes en el aire en las localidades de Tunjuelito, Kennedy y Puente Aranda. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • En la localidad de Puente Aranda, la mayor concentración de metales pesados corresponde a Hierro con valores entre 0.50-3.22 µg/m³, las concentraciones más bajas son para metales como el Plomo y Cromo, con concentraciones entre 0.01-0.10 µg/m³, para ambos casos. En Kennedy las mayores concentraciones se registraron de manera contraria a Puente Aranda para los metales Plomo, Cromo y Níquel con concentraciones medidas entre 0.07-2.15 µg/m³ para Plomo, 0.17-2.96 µg/m³ para Cromo y 0.02-1.92 µg/m³ para Níquel. En la localidad de Tunjuelito se registraron concentraciones bajas y medias en los diferentes metales, comparadas con los resultados obtenidos en Puente Aranda y Kennedy; la concentración más alta corresponde a Hierro con valores comprendidos entre 0.18-0.73 µg/m³, en segundo lugar se presenta el Plomo con valores entre 0.01-0.14 µg/m³, en tercer puesto se encuentra el Cromo con valores comprendidos entre (0.01-0.07 µg/m³ y finalmente el níquel con valores que van entre los 0.001-0.016 µg/m³. • En la localidad de Puente Aranda la mayor frecuencia de aparición se dio por la especie <i>Corynebacterium spp</i>, seguida de los <i>Bacillus spp</i>; en Kennedy se identificó un microorganismo patógeno, <i>Haemophylus spp</i>, que causa enfermedades como otitis media aguda, sinusitis entre otras. La mayor frecuencia de aparición se dio por la especie <i>Staphylococcus spp</i> y en la Localidad del Tunal se identificó de igual manera un microorganismo patógeno el <i>Streptococcus a hemolítico</i>, causante de enfermedades como la neumonía y la sinusitis en los humanos. • El mayor grado de asociación entre los metales y las bacterias aisladas en agar sangre y chocolate está determinado en orden por: Hierro, Níquel y Cromo lo cual se refleja en los valores obtenidos de la prueba de Chi-cuadrado de Pearson con una correlación significativa con valores de (0.013, 0.012 y 0.010) respectivamente. | |

Nota Fuente: Acosta JP, & Castañeda KI. Determinación de las posibles relaciones entre trazas de metales pesados (Pb, Ni, Fe, Cr) encontrados en el material particulado PM₁₀ – PM_{2.5} y las especies bacterianas presentes en el aire en las localidades de Tunjuelito, Kennedy y Puente Aranda [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle; 2011.

*Adaptado por el autor.

A su vez se han identificado serias deficiencias en el entrenamiento del personal involucrado en los muestreos de chimenea, además de la falta de conocimiento particular de los equipos de medición de opacidad, entre otros aspectos, que promueven y contribuyen a la mala calidad del aire en la ciudad (Rojas, 2009); también se ha evaluado el uso de biogasolina y sus efectos en las concentraciones de contaminantes del aire, mostrando que no existe una relación directa entre el uso de la biogasolina y las concentraciones de los contaminantes criterio, pero si identificando cambios importantes en la presencia de formaldehído, que es un cancerígeno (Grajales, 2009). Finalmente y teniendo en cuenta que la contaminación atmosférica interactúa con variables socioeconómicas, se evidenció que localidades con menor estrato socioeconómico, sufren en mayor porcentaje los efectos de la contaminación del aire (Blanco, 2012).

Tabla 4.73. Resumen del artículo Evaluación de la medición de emisiones con fines regulatorios en Colombia: dos estudios de caso.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Evaluación de la medición de emisiones con fines regulatorios en Colombia: dos estudios de caso. | |
| Lugar: Bogotá. | Autor/año: Néstor Y. Rojas, Freddy Abel Vargas, Andrés Mauricio Rodríguez. 2009 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Emisiones Contaminantes |
| Objetivo: Evaluar los métodos de medición de emisiones de contaminantes del aire requeridos con fines regulatorios por el IDEAM y las autoridades ambientales en Colombia, en particular el muestreo de emisiones de material particulado en chimeneas y la medición de opacidad en tubos de escape de motores diesel. | |
| Resultados: <ul style="list-style-type: none"> Se detectaron deficiencias serias de entrenamiento del personal involucrado en los muestreos de chimenea, lo cual implica la necesidad de implantar un esquema de entrenamiento y certificación. Por otro lado existe una falta de conocimiento particular de los equipos de medición de opacidad y sobre cómo cumplir la norma técnica aplicable, esto indica que se necesita establecer un mejor procedimiento técnico de acreditación para los equipos de medición de opacidad en tubos de escape de motores diésel. | |

Nota Fuente: Rojas NY, Abel F, & Rodríguez AM. Evaluación de la medición de emisiones con fines regulatorios en Colombia: dos estudios de caso. Dossier Ingenieria y medio ambiente;2009;30:112-121.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.74. Resumen de la tesis Análisis preliminar de la relación entre el uso de la biogasolina y su impacto en las emisiones de los principales gases deteriorantes de la calidad del aire bogotano.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Análisis preliminar de la relación entre el uso de la biogasolina y su impacto en las emisiones de los principales gases deteriorantes de la calidad del aire bogotano. | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Grajales Campos Diego Alexander, 2009 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Contaminantes criterio del aire |
| Objetivo: Establecer la relación entre el uso de la biogasolina en Bogotá y su impacto en la calidad del aire. | |
| Resultados: <ul style="list-style-type: none"> Bogotá ha aumentado el parque automotor de vehículos a gasolina en una tasa del 13 % anual, desde el año 2001 hasta el 2008, con la consecuente demanda de la misma cantidad de combustible. Esta tendencia ha contribuido a que los niveles de concentración, de los contaminantes estudiados, presenten tendencias similares a lo largo del tiempo analizado. Situaciones como el aumento del precio de la gasolina y la concientización ambiental han conducido a que la población opte por otro tipo de combustibles alternativos como el gas natural vehicular (GNV). No se encontró un aumento en la concentración de contaminantes como el NO₂ y O₃, por el uso de biogasolina. Las concentraciones de monóxido de carbono durante el periodo analizado no presentan ningún tipo de problema sobre la calidad del aire de Bogotá, ya que éstas en promedio fluctuaron entre los 0.5 ppm y 1.5 ppm. No se encontró alguna relación directa entre el uso de la biogasolina y las concentraciones de los contaminantes criterio, pero si se lograron identificar cambios en los COV (principalmente el formaldehído) que pueden afectar la salud de los bogotanos. | |

Nota Fuente: Grajales DA. Análisis preliminar de la relación entre el uso de la biogasolina y su impacto en las emisiones de los principales gases deteriorantes de la calidad del aire bogotano [Tesis]. Bogotá: Universidad El Bosque;2009.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.75. Resumen del artículo Efecto del Nivel Socioeconómico (SES) sobre la asociación contaminación atmosférica y mortalidad en Bogotá.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Efecto del Nivel Socioeconómico (SES) sobre la asociación contaminación atmosférica y mortalidad en Bogotá, Colombia | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Luis Camilo Blanco Becerra, Víctor Miranda Soberanis, Albino Barraza Villarreal, Washington Junger, Isabelle Romieu |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Evaluar la modificación del efecto del nivel socioeconómico (SES) sobre la asociación entre la exposición aguda a partículas menores de 10 micras de diámetro aerodinámico (PM ₁₀) y la mortalidad en Bogotá, Colombia. | |
| Resultados: En todas las edades, el porcentaje de cambio en el riesgo para la mortalidad por todas las causas fue 0.76% (IC95%:0.27%, 1.26%) en el SESI (Bajo), 0.58% (IC95%:0.16%, 1.00%) en el SESII (Medio) y -0.29% (IC95%:-1.16%, 0.57%) en el SESIII (Alto), por incremento de 10 µg/m ³ en el promedio diario de PM ₁₀ , en el día del deceso. | |

Nota Fuente: Blanco LC, Miranda V, Barraza A, et al. Efecto del Nivel Socioeconómico (SES) sobre la asociación contaminación atmosférica y mortalidad en Bogotá, Colombia. Salud Pública de México. (Manuscrito aceptado para publicación);2012a.

*Adaptado por el autor.

El impacto de la contaminación atmosférica en la salud de la población de Bogotá, ha sido abordado ampliamente mediante estudios epidemiológicos, en grupos vulnerables como los menores de edad, los mayores de 65 años y mujeres embarazadas, además de cuantificar los efectos en actividades laborales como la recuperación de plomo de baterías o la práctica de actividades deportivas en las ciclorutas de la ciudad. Entre los hallazgos más relevantes podemos citar:

- Las altas concentraciones de PM₁₀ en la Localidad de Puente Aranda, no tienen un efecto considerable en la salud, aunque facilitan la presencia de problemas respiratorios por niveles de NO₂ y SO₂ (Aristizabal, 1997).
- Una reducción de la concentración de PM₁₀ en 10 µg/m³ produciría una disminución de las consultas respiratorias en un 17%, en niños menores de 14 años (Solarte, 1999).
- Se encontró una relación positiva y significativa entre las emisiones y la morbilidad diaria, no superando el 0,007% en el número de casos reportados de enfermos ante el aumento de una unidad de PM₁₀ (Torres, 2002).
- Al disminuir la concentración de partículas en un 50% para el año de 1998, se presentaría una reducción en el costo diario entre 127.000 a 194.000 dólares (Lozano, 2004).
- Un aumento de 10 µg/m³ en los niveles de PM₁₀ ocasionaría un incremento del 4% (RR 1,04) en las consultas por Enfermedad Respiratoria Aguda, con un retraso de seis días, en menores de 5 años (Arciniegas, 2006).
- En investigación realizada durante el 2007 por la Universidad de la Salle en la localidad de Puente Aranda, se registraron concentraciones promedio diarias intramurales de PM₁₀ en el rango de 6 a 108 µg/m³, mientras los valores extramurales se ubicaron entre los 8 y 109

$\mu\text{g}/\text{m}^3$. El jardín identificado como de menor exposición a PM_{10} exhibió un promedio diario en ambiente intramural mayor ($62 \mu\text{g}/\text{m}^3$), comparado con el registrado en ambiente extramural ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$); el jardín identificado como de mayor exposición a PM_{10} presentó un promedio diario en ambiente intramural menor ($85 \mu\text{g}/\text{m}^3$), comparado con el registrado en ambiente extramural ($91 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Además se caracterizaron los elementos presentes dentro del PM_{10} , encontrando Sílice y Calcio, en concentraciones promedio diarias que van desde los 4,29 a $11,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras para metales como Hierro, Cromo y Plomo, los valores se ubicaron entre los 0,17 a $0,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El Vanadio presentó concentraciones entre los 2,48 a $4,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$, excediendo el valor promedio diario máximo permisible establecido por la Organización Mundial de la Salud ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Finalmente en el contexto de salud, se estimó mediante Modelo de Regresión de Poisson en la localidad de Fontibón, que un aumento en 1 ppb del promedio diario de Ozono en la localidad se vería reflejada en el incremento del número de casos por enfermedad respiratoria (ER) entre el 15% y 144%. De forma análoga el aumento en 1 ppb de NO_2 , incrementa entre 0% y 109% los casos por ER y el aumento en un $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} tendría un incremento entre 1% y 15% de casos ERA. En la localidad de Puente Aranda, un incremento de 1 ppb del promedio diario de NO_2 con 0 días de latencia, tiene un aumento entre 0% y 4% de casos de ERA; asimismo el incremento de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que exceda el Nivel bueno de PM_{10} establecido por la SDA, en 6 días de latencia tiene un aumento entre 0% y 1% de casos de ERA (ULS, 2008).

- La contaminación ambiental se manifiesta en forma cíclica durante el año, afectando la Enfermedad Respiratoria Aguda en la mujer embarazada (Onatra, 2009).
- Resultados de la evaluación viso-motora en niños de colegios de Fontibón, Kennedy y Puente Aranda, en zonas expuestas a altos niveles de contaminación con plomo y mercurio en el aire, muestran una tendencia por debajo del promedio, en el puntaje del test Beery VMI (Numpaque, 2010).
- Un estudio desarrollado con policías que cumplían funciones operativas y administrativas, evidenció que el diagnóstico de alteración respiratoria baja [58,7% vs. 48,5%; OR=1,5 (IC95%:0,97-2,3)] y alta [(79,7% vs. 72,2%;OR=1.51 (IC95%:0,91-2,48)] fue más prevalente en el grupo operativo. Los niveles promedio de PM_{10} fueron mayores en el grupo operativo ($139,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) respecto al administrativo ($86,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Estévez, 2010).
- Por un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio diario de PM_{10} , el riesgo acumulado en la mortalidad por causa respiratoria aumenta 1.43% (IC95%: 0.85%, 2.00%), tomando un retraso de 3 días anteriores al deceso (Blanco, 2012b).
- Los ciclistas que utilizan las ciclorutas de Bogotá activamente, pueden inhalar una dosis de entre 45% y 64% veces más alta de PM_{10} , que aquella a la que se expondría en espacios intramuros (Fajardo, 2012).

- Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá:** En términos generales, frente a la carga de enfermedad, la implementación del Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, mediante el cumplimiento de la norma anual de PM_{10} de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2020, conlleva una reducción en la morbilidad cercana al 32%; una disminución en la mortalidad infantil del orden del 40% y una reducción del 28% en la mortalidad en adultos mayores de 30 años. Según estos resultados la población infantil (menores de 5 años) recibe beneficios muy importantes en salud por la disminución de los niveles de PM_{10} en la ciudad. Para el logro de estos resultados, los costos de las medidas ascienden a 1.7 billones de pesos, mientras que los beneficios en referencia son equivalentes a 16 billones de pesos. De esta manera, puede establecerse que por cada peso que se invierta en proyectos para lograr la descontaminación del aire, se logran beneficios económicos de alrededor de 9 pesos (SDA, 2010).
- Se evaluó el costo beneficio en salud de la adopción del estándar EURO IV como la norma de emisiones en Colombia para vehículos de carga pesada en contraste con la condición en la que se mantuviera la norma EPA 1998 o EURO II; se concluyó que la eventual adopción del estándar EURO IV como la norma de emisiones en Colombia para vehículos de carga pesada en contraste con la condición en la que se mantuviera la norma vigente, representaría beneficios en salud cercanos a los 2 billones de pesos. Esto como consecuencia de evitar cerca de 2,000 muertes asociadas a la exposición de la población a las emisiones de PM en los centros urbanos. En la condición en que la norma adoptada permitiese al dueño del vehículo registrarse por el estándar EPA 2004 o el estándar EURO IV, los beneficios en salud serían del orden de 1.6 billones de pesos como resultado de evitar cerca de 1,500 muertes (UNIANDÉS, 2013).

Los resúmenes de las investigaciones citadas anteriormente, se presentan a continuación:

Tabla 4.76. Resumen de la investigación Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Aristizabal Gustavo; 1997 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM_{10} , NO_2 y SO_2 |
| Objetivo: Establecer los efectos de la contaminación del aire en la población infantil de la localidad de Puente Aranda | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> La concentración de PM_{10} promedio en la zona es alta ($98,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$) por encima de la norma de la OMS y la EPA de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un año, con un máximo de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas una vez al año, mientras que en el estudio se encontró un máximo de $456,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentración de PM_{10} se asoció con las tasas de tos, sin que se observara relación dosis-efecto. Las altas concentraciones de PM_{10} no tienen un efecto considerable en la salud, aunque facilita la presencia de problemas respiratorios por niveles de NO_2 y SO_2. | |
| Observaciones: Estudio de cohorte tomando como población a los niños menores de cinco años que vivían en un perímetro de doce cuadras a la redonda del UPA (Unidad Primaria de Atención) de Puente Aranda y además que asistían a instituciones educativas ubicadas dentro del mismo sector. | |

Nota Fuente: Aristizabal G. Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda [Tesis]. Santa fe de Bogotá: Universidad del Bosque, 1997.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.77. Resumen de la investigación Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños en Bogotá

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños en Bogotá | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Solarte R. Iván; Caicedo Verastegui Mónica; Restrepo Palacios Sonia; 1999 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar la asociación entre las fluctuaciones en la concentración de PM ₁₀ y la morbilidad por enfermedad respiratoria en menores de 14 años. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> El promedio de PM₁₀ para el período de estudio superó los límites de la norma establecidas por la EPA de 50 µg/m³ (Venecia 61.30 µg/m³ y Engativá 63.74 µg/m³); en varios días se presentaron valores superiores a 150 µg/m³ en las dos zonas de estudio. Se encontró una asociación de las concentraciones de PM₁₀ y la presencia de síntomas en niños asmáticos y no asmáticos; esta asociación se da cuando se tiene en cuenta el día concurrente y los 5 días precedentes. Una reducción de la concentración de PM₁₀ en 10 µg/m³ produciría una disminución de las consultas respiratorias en un 17% en niños menores de 14 años. | |

Nota Fuente: Solarte I, Caicedo M, & Restrepo S. Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños en Bogotá, Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 1999.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.78. Resumen de la investigación Análisis de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica en Bogotá

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Análisis de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica en Bogotá | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Torres Mora Julio Emilio, 2002 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: PM ₁₀ y SO ₂ |
| Objetivo: Establecer la relación existente entre la morbilidad y los contaminantes del aire, estableciendo los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre las enfermedades cardiovasculares y respiratorias en ocho localidades de Bogotá. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se encontró una relación positiva y significativa entre las emisiones y la morbilidad diaria, no superando el 0,007% y el 0,027% en el número de casos reportados de enfermos ante el aumento de una unidad de cada contaminante, PM₁₀ y SO₂, respectivamente. Las poblaciones se ven más afectadas en los rangos de edad de 0 a 5 años y de 6 a 18 años. | |

Nota Fuente: Torres JE. Análisis de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica en Bogotá [Tesis]. Bogotá: Universidad de los Andes; 2002.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.79. Abstract of article Air Pollution in Bogotá, Colombia: A Concentration-Response Approach.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Air Pollution in Bogotá, Colombia: A Concentration-Response Approach | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Lozano Nancy, 2004 |
| Tipo documento: Artículo revista | Contaminante estudiado: PM ₁₀ , NO ₂ y O ₃ |
| Objetivo: Establecer una función de concentración-respuesta que defina la relación entre admisiones hospitalarias diarias por enfermedades respiratorias y los tres principales contaminantes en Bogotá para el año de 1998. | |

Resultados:

- Para el caso de PM₁₀ y NO₂, los coeficientes muestranser altamente significativos, lo que confirma la fuerte relación entre la contaminación del aire y la morbilidad humana. Por otro lado, para el O₃ el coeficiente no fue significativo.
- Las personas mayores parecen verse más afectados por los cambios en las concentraciones de PM₁₀, mientras que las cohortes más jóvenes parecen sufrir más de los aumentos en el NO₂.
- Al disminuir la concentración de partículas en un 50% para el año de 1998, se presentaría una reducción en el costo diario entre 127.000 a 194.000 dólares. En un año, se ahorrarían 46 millones de dólares, los cuales representan el 18% del presupuesto de la Secretaría de Salud de Bogotá en el año 2004.

Nota Fuente: Lozano N. Air Pollution in Bogotá, Colombia: A Concentration-Response Approach. Desarrollo y sociedad;2004;54:133-177.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.80. Resumen del artículo Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá. | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Arciniegas Ángela; Rodríguez Carolina; Pachón Jorge; Sarmiento Hugo; Hernández Luis Jorge; 2006 |
| Tipo documento: Artículo revista | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar la relación entre la morbilidad en los niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda (ERA) y la concentración de PM ₁₀ en la localidad Puente Aranda en Bogotá. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Al realizar la correlación lineal entre los niveles de PM₁₀ y el número de consultas, se observó correlación para un periodo de latencia de 6 días, para la concentración diaria de PM₁₀ medido en valores absolutos y medias móviles. Así mismo, cuando las concentraciones se encuentran en un intervalo de 55 a 154 µg/m³ se observa el mismo fenómeno. • Al aplicar la técnica de regresión Poisson, se evidenció una asociación positiva significativa entre los niveles de PM₁₀ y el número de consultas por ERA para el periodo de latencia de seis días. Se observó que un aumento de 10 µg/m³ en los niveles de PM₁₀ ocasionaría un incremento del 4% (RR 1,04) en las consultas por ERA, con un retraso de seis días en menores de 5 años. | |
| Observaciones: Se utilizó un modelo lineal generalizado (Regresión de Poisson), adicional a lo cual se analizó la relación entre factores meteorológicos (temperatura, precipitación y velocidad del viento) y material particulado por medio de una regresión lineal múltiple. | |

Nota Fuente: Arciniegas A, Rodríguez C, & Pachón J. Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá; Acta Nova;2006;3:145-154.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.81. Resumen de la investigación Evaluación de la contaminación por material particulado menor a 10 µm a nivel extradomiciliario, intradomiciliario y la exposición personal al mismo contaminante, proyecto piloto en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Evaluación de la contaminación por material particulado menor a 10 µm a nivel extradomiciliario, intradomiciliario y la exposición personal al mismo contaminante, proyecto piloto en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón (CONTRATO 2062578 MAVDT). | |
| Lugar: Bogotá D.C. | Autor/año: Universidad de la Salle, 2008 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ , NO ₂ y O ₃ |
| Objetivo: Establecer la asociación entre contaminantes atmosféricos (PM ₁₀ , NO ₂ y O ₃) y enfermedad respiratoria en | |

niños menores de 5 años en las localidades de Kennedy, Fontibón y Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D.C.

Resultados:

- Las concentraciones registradas en el Jardín Antonio Nariño de la Localidad de Puente Aranda (Mayor exposición), con los equipos Low-Vol para PM₁₀ en ambientes intra y extramurales, muestran que durante los meses de Julio a diciembre de 2007, el 75% de los días las concentraciones intramurales se ubicaron entre los 12 y 108 µg/m³ y en condiciones extramurales entre 16 y 109 µg/m³. La media diaria en condiciones intramurales fue de 85 µg/m³, mientras la media para condiciones extramurales fue de 91 µg/m³. El promedio máximo diario intramural fue de 268 µg/m³ y el máximo extramural fue de 377 µg/m³, valores que exceden el valor máximo diario permisible establecido en la Resolución 601 de 2006 (150 µg/m³).
- En el Jardín Tamborcito Encantado de la Localidad de Puente Aranda (Menor exposición), con los equipos Low-Vol para PM₁₀ en ambientes intra y extramurales, los valores durante los meses de Julio a diciembre de 2007, muestran que el 75% de los días las concentraciones intramurales se ubicaron entre los 6 y 79 µg/m³ y en condiciones extramurales entre 8 y 71 µg/m³. La media diaria en condiciones intramurales fue de 62 µg/m³, mientras la media para condiciones extramurales fue de 52 µg/m³. El promedio máximo diario intramural fue de 136 µg/m³ y el máximo extramural fue de 121 µg/m³, valores que no exceden el valor máximo diario permisible establecido en la Resolución 601 de 2006 (150 µg/m³).
- Al caracterizar el PM₁₀ en el Jardín Antonio Nariño se registraron las siguientes concentraciones promedio diarias de los siguientes elementos, en ambientes extra e intramurales, respectivamente: Sílice (10,73 y 11,48 µg/m³); Calcio (8,99 y 7,93 µg/m³), Vanadio (4,81 y 4,07 µg/m³) los cuales exceden el valor promedio diario máximo permisible establecido por la OMS (1 µg/m³), Hierro (0,61 y 0,52 µg/m³), Cromo (0,52 y 0,56 µg/m³) y Plomo (0,26 y 0,31 µg/m³) los cuales no excede el valor promedio diario máximo permisible establecido por la Resolución 601 de 2006 (1,5 µg/m³). Los elementos identificados en su gran mayoría son producidos por la resuspensión de polvo debida al mal estado vial alrededor del jardín y otros por el proceso de combustión derivado de las fuentes móviles que transitan por el lugar.
- Se encontraron las siguientes concentraciones promedio diarias de los siguientes elementos, dentro del PM₁₀ en el Jardín Tamborcito Encantado, en ambientes extra e intramurales, respectivamente: Sílice (7,44 y 9,96 µg/m³); Calcio (4,29 y 6,05 µg/m³), Vanadio (2,48 y 3,76 µg/m³) los cuales exceden el valor promedio diario máximo permisible establecido por la OMS (1 µg/m³), Hierro (0,35 y 0,30 µg/m³), Cromo (0,38 y 0,42 µg/m³) y Plomo (0,17 y 0,35 µg/m³). Los elementos identificados en su gran mayoría son producidos por la resuspensión de polvo debida al mal estado vial alrededor del jardín y la cercanía del parque ciudad montes; otros por el proceso de combustión derivado de las fuentes móviles que transitan por el lugar.
- En cuanto a las concentraciones de Carbono Orgánico (CO), en el jardín Antonio Nariño, se registró una media de los datos de 2,59 µg/m³ en el exterior y 2,46 µg/m³ para el ambiente interno. Las concentraciones en el jardín infantil Tamborcito Encantado presentaron valores de 2,54 µg/m³ en el exterior y 1,85 µg/m³ para el interior de la instalación. Por los valores mencionados se puede concluir que las concentraciones presentadas en los ambientes extramurales fueron mayores en los dos jardines con respecto a las concentraciones determinadas en los ambientes intramurales.
- Para el Carbono Elemental (CE), en el Jardín Antonio Nariño se registró una concentración media de 0,38 µg/m³ en el exterior y 0,26 µg/m³ para el ambiente intramural, mientras en el jardín Tamborcito Encantado se presentaron valores de 0,62 µg/m³ en el exterior y 0,23 µg/m³ en el interior de la instalación. Por los valores encontrados se puede concluir que las concentraciones en los ambientes extramurales fueron mayores en los dos jardines con respecto a las concentraciones encontradas en los ambientes intramurales.
- Existen asociaciones positivas entre las consultas de ERA en Fontibón con las concentraciones máximas de PM₁₀, promedio de NO₂ con latencia de 6 días y las concentraciones promedio de 8 horas de O₃ en latencia de 8 días.
- Existen asociaciones positivas entre las consultas de ERA en Puente Aranda con las concentraciones que exceden el Nivel Bueno adoptado por la SDA de PM₁₀ (0 – 54 µg/m³) con latencia de 6 días y las concentraciones promedio de NO₂ con latencia de 0 días.
- La población del Jardín La Giralda (Fontibón), presentó como principales factores de riesgo relacionados con morbilidad sentida de Enfermedad Respiratoria (ER) en los niños menores de 5 años, la desnutrición o malnutrición, la existencia de fábricas o negocios a menos de una cuadra, la presencia de animales domésticos en la vivienda y antecedentes de ER.
- En el Jardín Infantil Rafael Pombo (Puente Aranda), los principales factores de riesgo relacionados con

morbilidad sentida de ER en los niños menores de 5 años son: exposición durante los dos primeros años de vida del niño al humo del cigarrillo, funcionamiento dentro de la casa de fábricas o negocios y antecedentes de ER.

- El análisis de la relación entre la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá (RMCAB) y las mediciones próximas a la zona de estudio en Puente Aranda, presentaron correlaciones entre las concentraciones de NO₂ y O₃ de la RMCAB y Unidad Medición Móvil de Calidad del Aire (UMMCA) con una significancia del 99% de confianza, igualmente se presenta correlación significativa del 99% de confianza para las concentraciones de PM₁₀ de la RMCAB y el muestreador OMNI-PM₁₀ en la localidad de Puente Aranda.
- El factor meteorológico de mayor influencia sobre las concentraciones de PM₁₀ y O₃ en la localidad de Fontibón es la velocidad del viento con una relación inversa, ya que un aumento en una unidad (m/s) de este factor aumenta la concentración de PM₁₀ en 6.096 µg/m³ y O₃ en 2.163 ppb.
- El factor meteorológico de mayor influencia sobre las concentraciones de Material Particulado, Ozono y Dióxido de Nitrógeno en Puente Aranda es la velocidad del viento con una relación inversa, ya que un aumento de 1 m/s de velocidad del viento, disminuye la concentración de PM₁₀ en 26.822 µg/m³, de O₃ en 2.652 ppb y de NO₂ 5.013 ppb.
- En el periodo de estudio se encontró en la localidad de Puente Aranda excedencias diarias de la Resolución 601 de 2006 para PM₁₀ en 8% (150 µg/m³) y horarias para O₃ en 3% de los días (41 ppb); así mismo se excedió el Nivel Bueno de PM₁₀ adoptado por la SDA en 91%.
- Durante el periodo de estudio en la localidad de Fontibón, el Nivel Bueno (SDA) fue excedido por PM₁₀ en 95% de los días; con referencia a la Resolución 601 de 2006, no se observó para ninguno de los contaminantes, excedencia de la norma.
- Según los resultados del Modelo de Regresión de Poisson en Fontibón, el aumento en 1 ppb del promedio diario de Ozono en la localidad se vería reflejada en el incremento del número de casos por ER entre el 15% y 144%. De forma análoga el aumento en 1 ppb de Dióxido de Nitrógeno, incrementa entre 0% y 109% los casos por ER y el aumento en un µg/m³ de PM₁₀ tendría un incremento entre 1% y 15% de casos ERA, evidenciando un riesgo de presentar ER en la población menor de 5 años, por las concentraciones de PM₁₀, O₃ y NO₂.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en el Modelo de Regresión de Poisson en Puente Aranda, un incremento de 1 ppb del promedio diario de Dióxido de Nitrógeno con 0 días de latencia, tiene un aumento entre 0% y 4% de casos de ERA; asimismo el incremento de 1 µg/m³ que exceda el Nivel bueno establecido por la SDA, en 6 días de latencia tiene un aumento entre 0% y 1% de casos de ERA.
- El Nivel Bueno adoptado por la SDA para PM₁₀ (54 µg/m³) como indicador de protección de la salud pública es coherente en relación con los resultados obtenidos, ya que el incremento en un µg/m³ del Nivel Bueno, puede no causar casos de ERA o aumentar hasta en un 0.69% dichos casos.
- El mapa de riesgo de PM₁₀ mostró que los niños menores de 5 años, que viven en la zona sur de Fontibón se encuentran expuestos a altas concentraciones (137,76 y 150,53 µg/m³). En Puente Aranda los niños que presentaron ERA están expuestos a concentraciones entre 150,53 y 163,82 µg/m³, que exceden el Nivel Bueno de calidad de aire, lo que demuestra que esta población tiene un mayor riesgo de adquirir ERA.
- El mapa de riesgo de O₃ evidenció que la mayoría de los niños menores de 5 años se encuentran expuestos a concentraciones en Fontibón entre 49,05 ppb y 52,54 ppb, lo que demuestra que la población residente de esta localidad menor a 5 años tiene un mayor riesgo de adquirir ERA.
- El mapa de riesgo de NO₂ indica que la zona más expuesta a este contaminante, en la localidad de Fontibón es la parte Sureste, donde se presentaron concentraciones entre 32,97 y 43,13 ppb; en cuanto a Puente Aranda, se aprecia que la parte norte de la localidad se encuentra expuesta a concentraciones de NO₂ entre 37,30 y 39,78 ppb, esto demuestra que la población menor a 5 años que viven en estas zonas presentan un alto riesgo de adquirir ERA.

Nota Fuente: [UNISALLE] Universidad de la Salle. Evaluación de la contaminación por material particulado menor a 10 µm a nivel extradomiciliario, intradomiciliario y la exposición personal al mismo contaminante, proyecto piloto en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón. Investigación. Bogotá DC: UNISALLE;2008.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.82. Resumen del artículo Correlación entre la enfermedad respiratoria aguda (ERA) en mujeres embarazadas y la calidad del aire.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Correlación entre la enfermedad respiratoria aguda (ERA) en mujeres embarazadas y la calidad del aire | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Onatra William; Vargas Sandra; Páez Eduardo; Rojas Diana; López Angélica; 2009 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ y SO ₂ |
| Objetivo: Describir si existe relación entre las mediciones de gases en la estación Corpas de monitoreo, localizada en Suba y la frecuencia de enfermedad pulmonar en mujeres embarazadas quienes consultaron al Hospital de esta localidad, durante el 2005. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> La contaminación ambiental se manifiesta en forma cíclica durante el año, afectando la ERA en la mujer embarazada, existiendo una correlación significativa entre PM₁₀, SO₂ y asma no específica y la Dirección del Viento y los estados gripales. | |
| Observaciones: Estudio descriptivo de corte transversal de correlación entre los registros de gases en la estación Corpas de la Localidad de Suba y la frecuencia de las cinco primeras causas de enfermedad respiratoria en mujeres embarazadas. | |

Nota Fuente: Onatra W, Vargas S, Páez E, Rojas D, & López A. Correlación entre la enfermedad respiratoria aguda (ERA) en mujeres embarazadas y la calidad del aire. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica;2009;12:27-37.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.83. Resumen de la tesis Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá, Colombia 2008-2009 | |
| Lugar: Bogotá D.C | Autor/año: Estévez García Jesús Alejandro, 2010 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar la prevalencia de efectos respiratorios en policías de tránsito de Bogotá expuestos ocupacionalmente al MP ₁₀ durante el periodo de estudio. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> El reporte de síntomas respiratorios mostró mayor prevalencia de tos [18,6% vs 6,2%; OR 3,5(1,5-8,2)], expectoración [19,9% vs 8,2%;OR 2,8(1,3-5,9)] y rinosinusitis [(59,1% vs. 55,7%;OR 1,2(0,7-1,8)] en el grupo operativo. Al examen médico, el grupo operativo presentó mayor prevalencia de signos irritación nasal [62,3% vs. 30,9%; OR 3,7(2,3-5,9)] respecto a los administrativos. En las pruebas de función pulmonar, no se encontraron diferencias. El patrón obstructivo fue el más prevalente y la presencia de hiperreactividad bronquial fue similar en los grupos de estudio. El diagnóstico de alteración respiratoria baja (58,7%vs.48,5%; OR 1,5 (0,97-2,3)) y alta (79,7%vs.72,2%; OR 1,51 (0,91-2,48)) fue más prevalente en el grupo operativo. Los niveles promedio de MP₁₀ fueron mayores en el grupo operativo (139,4 µg/m³) respecto al administrativo (86,03 µg/m³). La exposición laboral al MP₁₀ en policías de tránsito se constituye un importante factor de riesgo para el desarrollo de síntomas y signos respiratorios. Los valores promedio de MP₁₀ en los grupos de estudio, no excedieron los límites permisibles para ambientes laborales. | |
| Observaciones: 574 policías, 477 con funciones operativas (grupo expuesto) y 97 con funciones administrativas (grupo no expuesto) que laboran en el área metropolitana. Se utilizaron cuestionarios de síntomas respiratorios, examen clínico toxicológico, espirometría y monitoreo personal al MP ₁₀ . | |

Nota Fuente: Estévez JA. Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá, Colombia 2008-2009 [Tesis]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia;2010.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.84. Resumen de la tesis Diferencias significativas en el estado viso-motor y viso-perceptual en niños de 10 a 15 años expuestos o no expuestos a plomo y mercurio en aire en tres localidades de Bogotá.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Diferencias significativas en el estado viso-motor y viso-perceptual en niños de 10 a 15 años expuestos o no expuestos a plomo y mercurio en aire en tres localidades de Bogotá. | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Numpaque Góngora Johanna, 2010 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Plomo y Mercurio en el aire |
| Objetivo: Determinar si existen diferencias significativas en el estado viso-motor y viso-perceptual en niños entre 10 y 15 años expuestos o no a plomo y mercurio en tres localidades de Bogotá. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • No existen diferencias estadísticamente significativas en el estado viso-motor y viso-perceptual en niños entre 10 y 15 años expuestos a altos niveles de contaminación en ambiente, con relación a los niños no expuestos. • Los resultados de la evaluación viso-motora en los colegios, en las zonas expuestas al factor de riesgo, demostraron una tendencia en el puntaje del test empleado, Beery VMI, por debajo del promedio y en una proporción menor de casos sobre el promedio, lo que puede atribuirse a diferentes factores, entre ellos que estos pacientes están expuestos a altos niveles de contaminación con plomo y mercurio en aire. • Se evidenció que los niños pertenecientes a las localidades de Fontibón y Puente Aranda, de bajo nivel socio-económico (estratos 1 y 2) mostraron alteraciones en un 53% (46/86), es decir se encontraron por debajo del promedio, mientras que los pertenecientes a alto nivel socio-económico (estratos 4 y 5), localidad de Usaquén, presentaron alteraciones en menor proporción, el 28% (9/32) se encontraron debajo del promedio. La diferencia en los resultados del Test de integración viso-motora, entre los niños de los dos grupos, puede deberse a las condiciones asociadas al factor socio-económico, evidenciando que las personas que viven en zonas de bajo nivel socioeconómico y/o marginales de Bogotá, presentan alteraciones en el neuro-desarrollo, lo que puede afectar las habilidades viso-motoras como se presentó en los pacientes de las localidades de Fontibón y Puente Aranda. | |

Nota Fuente: Numpaque J. Diferencias significativas en el estado viso-motor y viso-perceptual en niños de 10 a 15 años expuestos o no expuestos a plomo y mercurio en aire en tres localidades de Bogotá [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2010.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.85. Resumen del artículo Efecto del material particulado menor a 10 µm (PM₁₀) sobre la mortalidad en Bogotá, Colombia: un análisis de series de tiempo 1998 – 2006.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Efecto del material particulado menor a 10 µm (PM ₁₀) sobre la mortalidad en Bogotá, Colombia: un análisis de series de tiempo 1998 – 2006 | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Luis Camilo Blanco Becerra, Víctor Miranda Soberanis, Leticia Hernández Cadena, Albino Barraza Villarreal, Washington Junger, Magali Hurtado Díaz, Isabelle Romieu; 2012 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Analizar la asociación entre la mortalidad diaria debida a distintas causas y la exposición aguda a partículas menores de 10 micras de diámetro aerodinámico (PM ₁₀), en Bogotá, Colombia. | |
| Resultados: En todas las edades, el riesgo acumulado en la mortalidad aguda por todas las causas y causa respiratoria aumentó 0.71% (IC95%: 0.46%, 0.96%) y 1.43% (IC95%: 0.85%, 2.00%), respectivamente, por incremento de 10 µg/m ³ en el promedio diario de PM ₁₀ , tomando un retraso de 3 días anteriores al deceso, mientras el riesgo acumulado en la mortalidad por causa cardiovascular fue de -0.03% (IC95%: -0.49%, 0.44%), para el mismo retraso. | |

Nota Fuente: Blanco LC, Miranda V, Hernández L, et al. Efecto del material particulado menor a 10 µm (PM₁₀) sobre la mortalidad en Bogotá, Colombia: un análisis de series de tiempo 1998 – 2006. Salud Pública México. (Manuscrito aceptado para publicación);2012b.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.86. Abstract of article Particulate matter exposure of bicycle path users in a high-altitude city.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Particulate matter exposure of bicycle path users in a high-altitude city. | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Oscar A. Fajardo, Néstor Y. Rojas. 2012 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar la exposición de los ciclistas a PM ₁₀ en una ciudad altamente contaminada y de gran altitud como Bogotá, además de evaluar la conveniencia de construir ciclorutas paralelas a vías de alto flujo vehicular en ciudades del tercer mundo. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se estimó la dosis media diaria (DMD_c) de PM₁₀ para diferentes usuarios de las ciclorutas y la relación entre DMD_c y una dosis referencia de DMD_r, utilizada para personas en reposo expuestas a una concentración interior de 25 µg/m³. El incremento en el promedio de DMD fue del 6%-9% al andar con esfuero leve y un 12%-18% cuando se andaba con un esfuero moderado. Los usuarios de la cicloruta más activos mostraron relaciones DMD_c/DMD_r tan altas como 1,30 al montar con esfuero leve y 1,64 cuando viajan con un esfuero moderado, así significativamente aumentan su exposición a PM₁₀ asociada a riesgos en la salud. Esto significaría que los ciclistas activos pueden inhalar una dosis entre 45% y 64% más alta de PM₁₀, que aquella esperada en espacios intramuros. Los usuarios de la cicloruta de la Calle 80 se expusieron a altas concentraciones de PM₁₀, 78-108 µg/m³ en un promedio de 8 h por un periodo de 19 días. La media de concentración de PM₁₀ encontrada en este estudio fue significativamente mayor en ambos sitios, comparado con otros estudios de ciclistas expuestos; esto sugiere que los niveles de contaminantes del aire en este tipo de ciclorutas en Bogotá, deben ser considerados como un problema de salud pública, por lo cual se deben implementar medidas más eficaces para reducir la contaminación del aire. | |

Nota Fuente: Fajardo OA, & Rojas NY. Particulate matter exposure of bicycle path users in a high-altitude city. Atmospheric Environment; 2012; 46:675-679.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.87. Resumen de investigación Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá | |
| Lugar: Bogotá D.C. | Autor/año: Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá, 2012 |
| Tipo documento: Investigación | |
| Objetivo: Establecimiento de un programa integral de descontaminación del aire que permita que en la totalidad de la zona urbana del Distrito Capital se logre el cumplimiento de la norma nacional de calidad del aire establecida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, así como la observancia de la Política Nacional de Calidad del Aire emitida por la misma entidad nacional. Dado el contexto local, en el cumplimiento de esta meta se hace especial énfasis en material particulado (PM ₁₀) y ozono. | |
| Resultados: | |
| Los beneficios de la aplicación del Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá (2010-2020), en el escenario tendencial, en comparación con los niveles que se verían en el escenario con el plan de descontaminación, son los siguientes: | |
| <ul style="list-style-type: none"> La población infantil (menores de 5 años) recibe beneficios muy importantes en salud por la reducción de los niveles de PM₁₀ en la ciudad. Cerca del 72% de los casos evitados en hospitalización corresponde a niños menores de 5 años. La reducción propuesta por el plan de descontaminación representaría una disminución cercana a las 27,500 hospitalizaciones por causas respiratorias en niños, 74,200 atenciones en salas ERA y alrededor de 5,500 casos evitados en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI). Adicionalmente 1,500 casos potencialmente evitables de mortalidad en niños. | |

- En adultos (población mayor a 30 años de edad), los beneficios de la implementación del plan representan alrededor de 13,700 muertes evitadas, más de 38,300 casos evitados en atención en urgencias y alrededor de 10,900 casos evitados en admisiones hospitalarias por causas respiratorias.
- Estos efectos evitados equivalen a un ahorro en más de 107,000 millones de pesos en costos asociados al tratamiento de enfermedades. De este valor, los costos relacionados con el tratamiento de enfermedades en niños representan más del 70% de los costos.
- El costo evitado asociado con la pérdida de productividad se estimó en aproximadamente 88,000 millones de pesos. Más del 50% de este costo se debe a los días laborales perdidos por la población trabajadora cuando deben quedarse al cuidado de un niño enfermo por causas relacionadas con la contaminación del aire. La disponibilidad a pagar por la reducción en los efectos en morbilidad podría alcanzar los 471,000 millones de pesos.
- Los costos evitados en morbilidad se estiman en 472,000 millones de pesos aproximadamente, mientras que los costos evitados en mortalidad son superiores a 15 billones de pesos. El beneficio económico por mejoras en la salud derivado de la implementación del plan se estima en 15.8 billones de pesos.
- La implementación del portafolio óptimo de proyectos (en el periodo 2010-2020), seleccionado para Bogotá, permite el cumplimiento de la meta de calidad del aire establecida ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el caso de la fracción respirable del material particulado) a nivel de toda la ciudad. Para dicho efecto se hace necesario que las emisiones anuales para el contaminante en referencia sean inferiores a 940 toneladas.
- Se observa un mejoramiento de la calidad ambiental debido a la reducción de la emisión de contaminantes a la atmosfera para el periodo 2010-2020. Se dejaría de emitir, el 45% de las emisiones acumuladas de PM que se tendrían en el escenario tendencial. Para los demás contaminantes estudiados se obtienen menores beneficios, se dejaría de emitir el 19%, 8% y 11% de toneladas acumuladas de NOX, CO y TOC, respectivamente.
- Para el logro de estos resultados, los costos de las medidas ascienden a 1.7 billones de pesos, mientras que los beneficios en referencia son equivalentes a 16 billones de pesos. De esta manera, puede establecerse que por cada peso que se invierta en proyectos para lograr la descontaminación del aire, se logran beneficios económicos de alrededor de 9 pesos.

Nota Fuente: [SDA] Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá. Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá (2010-2020). Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá DC;2010.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.88. Evaluación de la actualización de los estándares de emisión normativos para vehículos de carga pesada en Colombia.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Evaluación de la actualización de los estándares de emisión normativos para vehículos de carga pesada en Colombia | |
| Lugar: Bogotá | Autor/año: Universidad de los Andes, 2013 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar la proporción beneficio-costado derivada de la eventual adopción del estándar EURO IV como la norma de emisiones en Colombia para vehículos de carga pesada en contraste con la condición en la que se mantuviera la norma EPA 1998 o EURO II así como en contraste con la condición en que la norma adoptada permitiese al dueño del vehículo registrarse por el estándar EPA 2004 o el estándar EURO IV. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Se generaron no solo un escenario tendencial sino dos escenarios alternativos, en donde la categoría vehicular más relevante para el análisis fueron los vehículos de carga pesada. Todo esto para un periodo de evaluación comprendido entre 2010 y 2022. Los escenarios tienen las siguientes características: | |
| Escenario 1. Flota de carga cumple el estándar EPA 98 y/o EURO II. El escenario tendencial representa el caso en que la norma no será actualizada. Por lo tanto, los vehículos seguirán cumpliendo los estándares permitidos en este momento (año 2013) (EPA 98 y EURO II) y las emisiones de PM se comportarán siguiendo la tendencia actual. | |
| Escenario 2. Flota de carga cumple el estándar EURO IV y/o el estándar EPA 2004. Este escenario representa la | |

situación en la cual la norma actualizada permita el cumplimiento del estándar EPA 2004 y/o EURO IV. Dado que el país del que provienen los vehículos determina el estándar que cumplen, se supone que se mantendrá dicha tendencia.

Escenario 3. Flota de carga cumple únicamente el estándar EURO IV. Este escenario considera que a través de la actualización de la norma se exigirá a todos los vehículos nuevos que harán parte de la flota de carga el cumplimiento del estándar EURO IV.

- Para el año 2010 las emisiones de PM del parque de vehículos de carga pesada en el país eran de unas 4,000 toneladas valor que, en el escenario tendencial, tendría un incremento de cerca del 40% en el periodo de análisis. Para los escenarios 2 y 3 este incremento es cercano al 20% y 10%, respectivamente.
- La valoración de los efectos en salud mostró beneficios cercanos a los 2 billones de pesos en ambos escenarios. Adicionalmente se muestra cómo la implementación de estándares de emisión podría evitar la muerte de cientos de habitantes expuestos al material particulado (en el escenario tres se evitan 1900 muertes por exposición crónica en mayores de 30 años y 180 muertes infantiles en menores de un año).

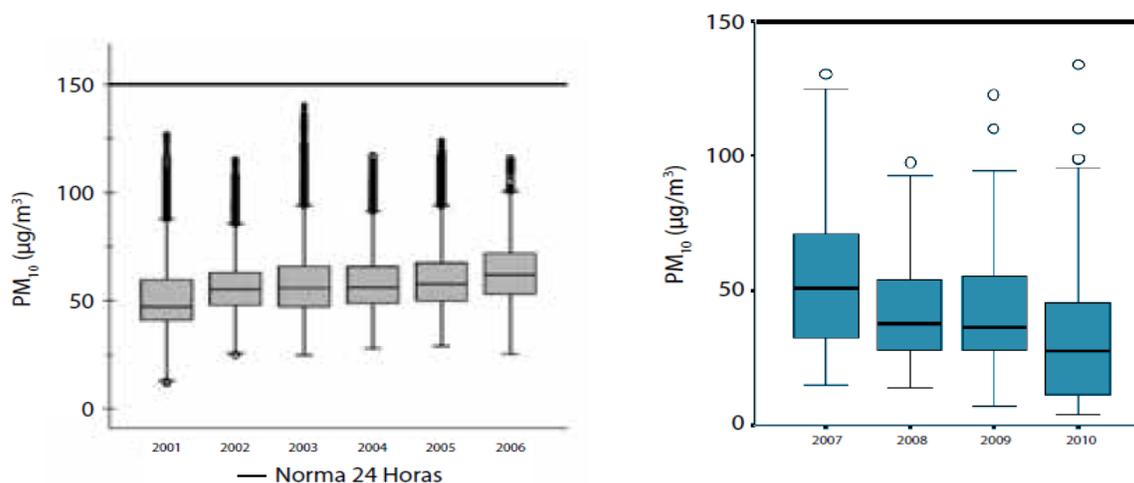
Nota Fuente: [UNIANDES] Universidad de los Andes. Evaluación de la actualización de los estándares de emisión normativos para vehículos de carga. Investigación. Bogotá DC: UNIANDES;2013.

*Adaptado por el autor.

4.5.1.5 Santander y Norte de Santander: Bucaramanga y Pamplona

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) es la autoridad competente en el municipio de Bucaramanga. Para el periodo de 2001 a 2010, la concentración promedio diaria de PM_{10} presentó una tendencia al aumento durante los años 2001 a 2006, mientras en el periodo 2007 a 2010 la concentración mostró una tendencia a la disminución por debajo de los $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, llegando en el año 2010 a reportar una media de $31,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante los años 2007 a 2010, se observa que el valor de mayor concentración se presentó en el año 2010 ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$) seguido por el año 2007 ($130 \mu\text{g}/\text{m}^3$), los cuales no exceden el valor norma de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 4.19) (IDEAM, 2012b)

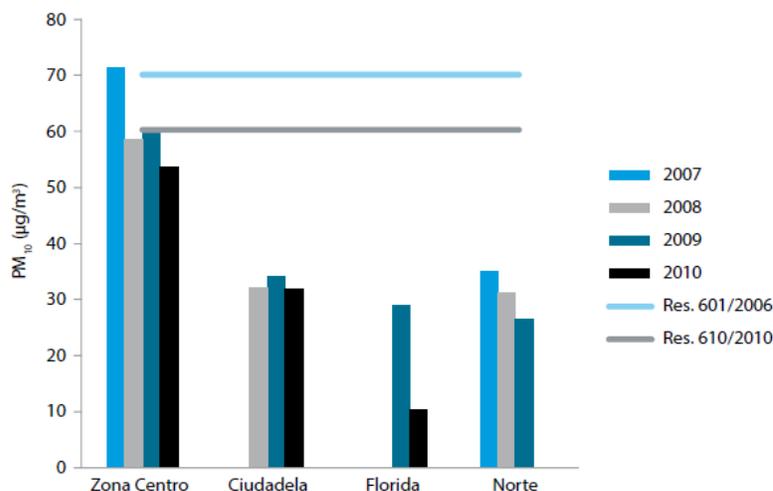
Figura 4.19. Concentración promedio de PM_{10} (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

En cuanto a la concentración promedio anual de PM_{10} , para el periodo de 2007 a 2010, la estación Zona Centro en el año 2007 excedió el valor máximo permisible ($70 \mu g/m^3$), en las estaciones restantes los promedios se encontraron por debajo de los $60 \mu g/m^3$ (Figura 4.20) (IDEAM, 2012b).

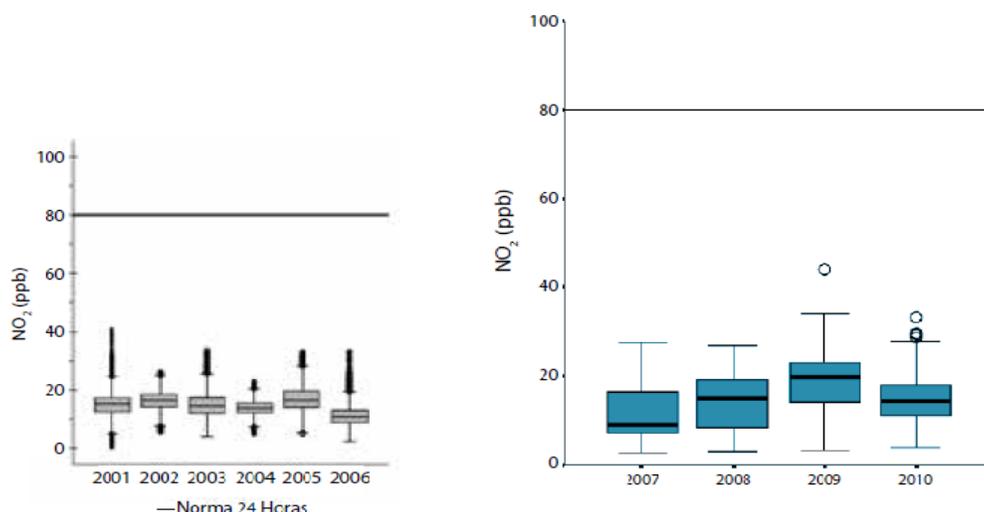
Figura 4.20. Concentración promedio anual de PM_{10} en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

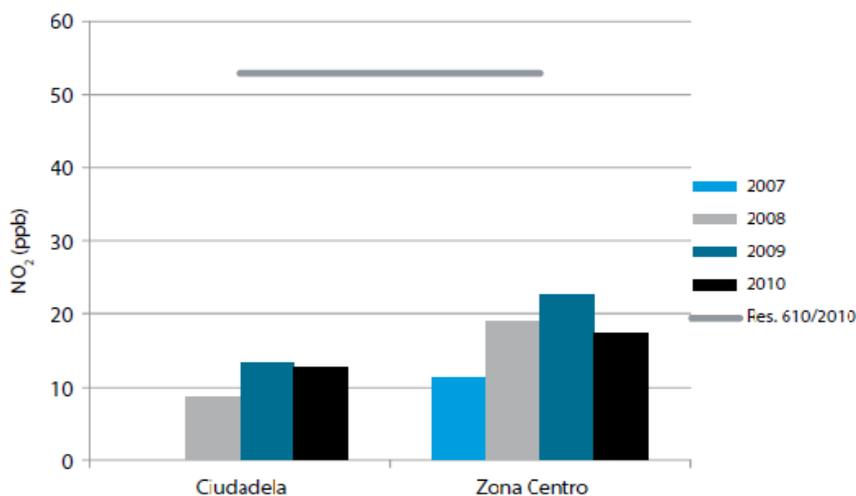
Para el NO_2 aunque la tendencia en las concentraciones horarias y 24 horas es al aumento durante el periodo de 2001 a 2010, estas no superaron los límites máximos permisibles y sus medianas estuvieron por debajo de 20 ppb. Los promedios anuales de los años 2007 a 2010 no superaron las 25 ppb, sin exceder la norma anual (53 ppb) (Figuras 4.21 y 4.22) (IDEAM, 2012b).

Figura4.21. Concentración promedio de NO₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

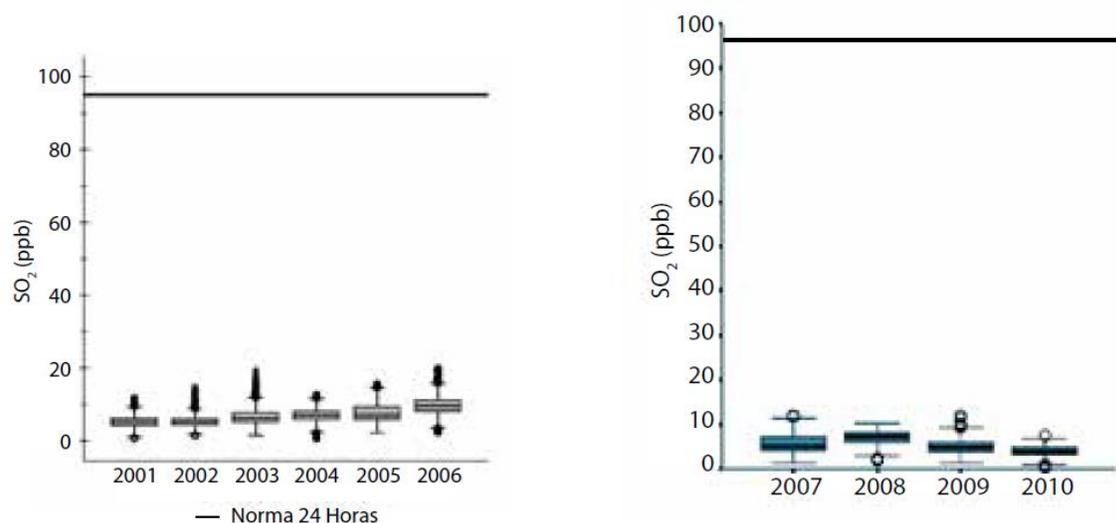
Figura4.22. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

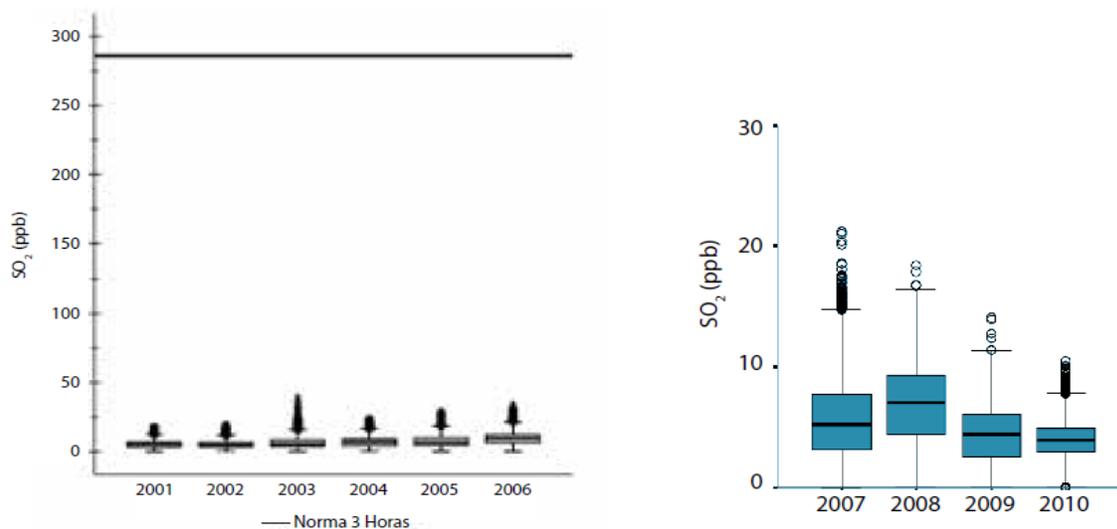
Durante el periodo de 2007 a 2010, el Dióxido de Azufre registro valores muy bajos que no representan ni el 10% de la norma de 24 y 3 horas (96 y 287 ppb, respectivamente); en cuanto al promedio anual las concentraciones en la estación Zona Centro durante el periodo 2008 a 2010 tienden a disminuir a través del tiempo; en el año 2010 se reportó la menor concentración anual (3,97 ppb), la cual representa el 12,8% de la norma nacional (Figuras4.23, 4.24 y 4.25) (IDEAM, 2012b).

Figura 4.23. Concentración promedio de SO₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



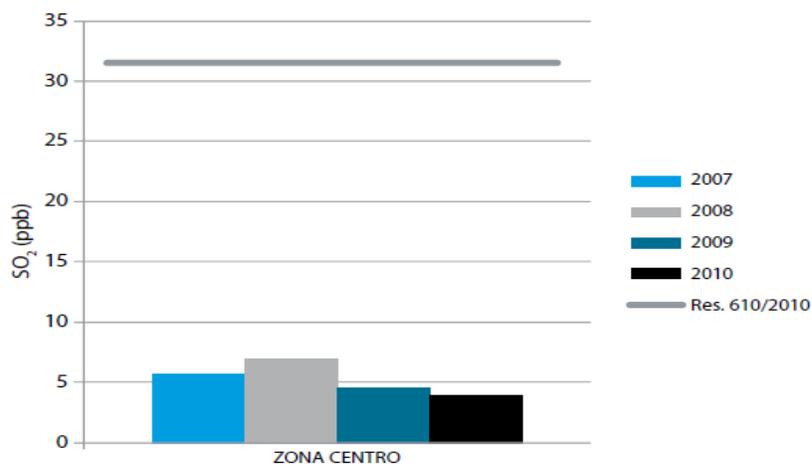
Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Figura 4.24. Concentración promedio de SO₂ (3 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

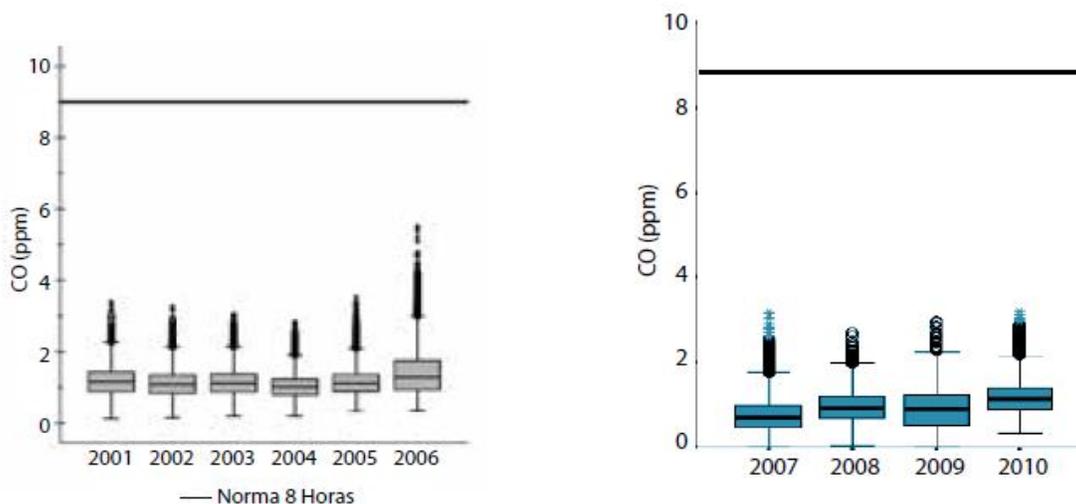
Figura 4.25. Concentración promedio anual de SO_2 en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

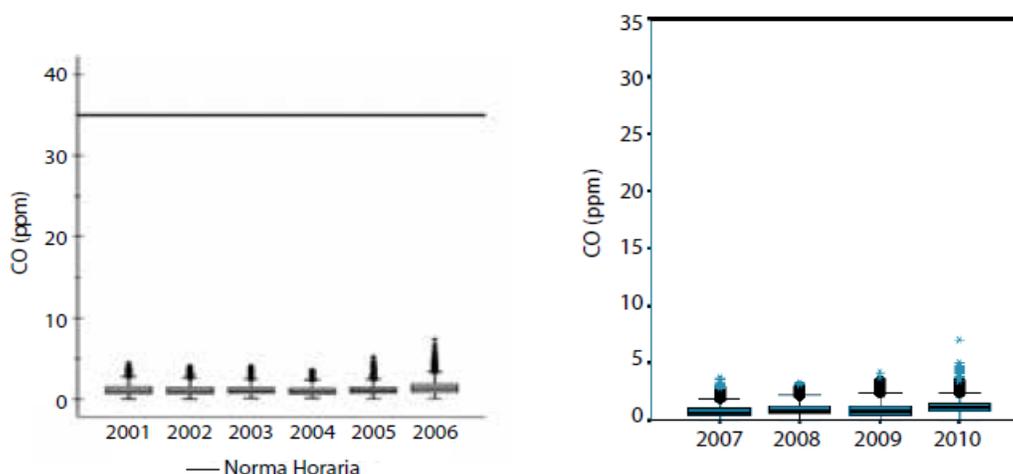
Para el Monóxido de Carbono, el comportamiento de las concentraciones horarias y octohorarias durante el periodo de 2001 a 2010, muestra que los valores máximos permisibles registrados (7 y 3,2 ppm, respectivamente), no llegan ni al 50% de la norma colombiana (35 y 8,8 ppm) (Figuras 4.26 y 4.27) (IDEAM; 2012b).

Figura 4.26. Concentración promedio anual de CO (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

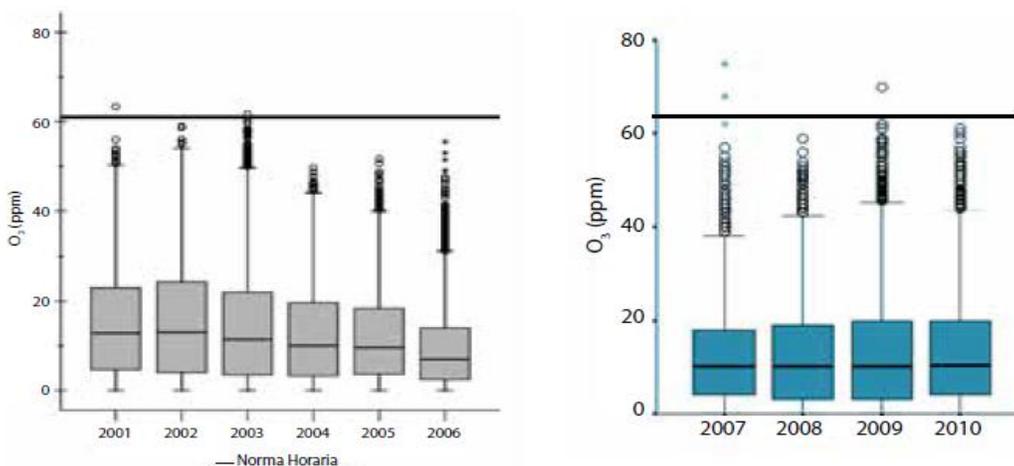
Figura 4.27. Concentración promedio anual de CO (Horario) en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

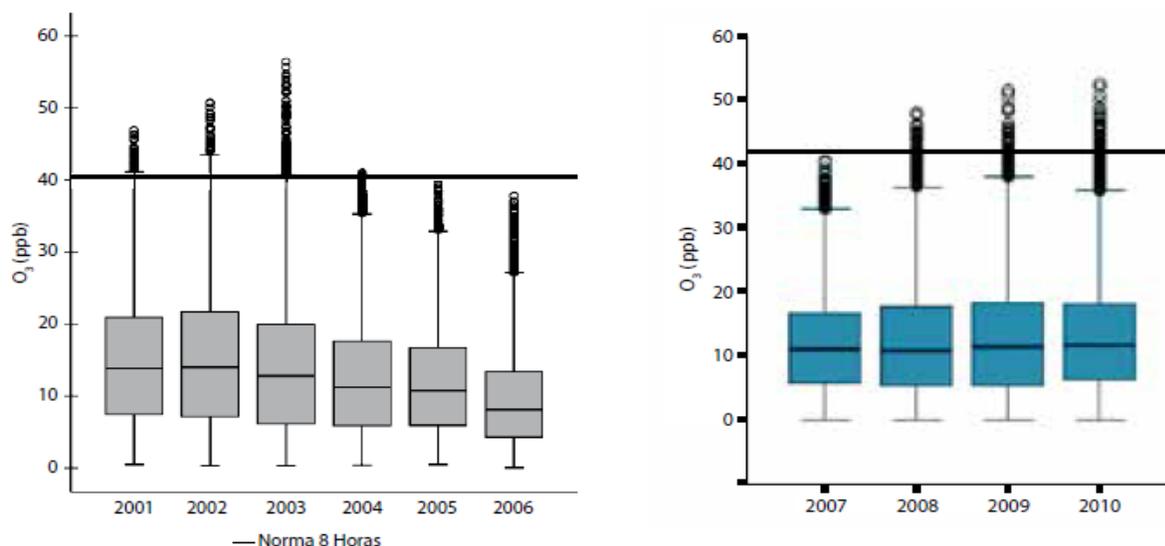
Finalmente, el Ozono durante el periodo 2007 a 2010, registró medianas de las concentraciones horarias que oscilaron cerca de las 10 ppb en todos los años, sin embargo se han presentado algunos valores mayores al límite máximo permisible (61 ppb). En cuanto a las concentraciones promedio 8 horas, en los últimos cuatro años los valores se han mantenido estables, aunque existen algunos registros que superan las 41 ppb (Figuras 4.28 y 4.29) (IDEAM, 2012b).

Figura 4.28. Concentración promedio de O₃ (horario) en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Figura 4.29. Concentración promedio de O₃ (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Para el año 2011, según información obtenida del informe del SVCA del Área Metropolitana de Bucaramanga, la ciudad no presenta problemas por NO₂, SO₂ y CO, ya que sus concentraciones son mucho menores a las establecidas en la Resolución 610 de 2010. Para Ozono, PM₁₀ y PM_{2.5} se observa una excedencia de la norma horaria de Ozono y anual de PM₁₀ y PM_{2.5} (CDMB, 2012).

En Bucaramanga se han realizado investigaciones que han cuantificado las concentraciones de PM₁₀, ratificando lo registrado por el SVCA del Área Metropolitana de Bucaramanga, así como identificando la presencia de elementos y metales, entre los cuales se encuentran el Aluminio, Calcio, Hierro, Magnesio, Zinc, Plomo, Níquel y Cobre (Quijano, 2004). En 2007, se caracterizó el PM₁₀ encontrando concentraciones de metales tales como Silicio (12,09 µg/m³), Calcio (2,49 µg/m³), Plomo (0,49 µg/m³), Hierro (0,39 µg/m³) y Vanadio (1,21 µg/m³), este último excede el valor promedio diario establecido por la OMS (1 µg/m³); las concentraciones de HAP's encontradas muestran una gran diferencia con los HAP's del resto del país, pues para Bucaramanga se registran importantes concentraciones de Benzo-b-Fluoranteno (102,8 ng/m³), compuesto poco común en el resto de las ciudades analizadas (ULS, 2008).

A su vez se han identificado microorganismos como *Fusarium* spp, que son generados en actividades industriales y hacen parte de la contaminación biológica del aire (Amaya, 1999).

En el municipio de San Gil se evaluaron factores ambientales relacionados con la infección respiratoria aguda (IRA), en donde el hacinamiento, la presencia de animales domésticos, el uso de cocinas generadoras de humo, las paredes en tapia pisada y bahareque y la ausencia

de una adecuada ventilación, son factores de riesgo que predisponen para adolecer de IRA (Casadiego, 2011).

Tabla 4.89. Resumen de la tesis Aislamiento e identificación de microorganismos en el aire como bioindicadores de la contaminación ambiental en zonas del área metropolitana del área de Bucaramanga.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Aislamiento e identificación de microorganismos en el aire como bioindicadores de la contaminación ambiental en zonas del área metropolitana del área de Bucaramanga. | |
| Lugar: Bucaramanga, Santander | Autor/año: Amaya González Martha Lucia, Rueda Villamizar Mónica; 1999 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Microorganismos |
| Objetivo: Identificar los microorganismos en el aire que pueden ser utilizados como bioindicadores de la contaminación ambiental en Bucaramanga. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de los microorganismos encontrados correspondieron a bacterias (70%) y hongos (30%). • Los tipos bacterianos con mayor incidencia en los sitios de muestreo fueron bacilos positivos endosporados. En los sitios cemento y limonal se encontró una alta contaminación por <i>Fusarium spp</i>, derivada de la actividad industrial allí desarrollada. | |

Nota Fuente: Amaya ML, & Rueda M. Aislamiento e identificación de microorganismos en el aire como bioindicadores de la contaminación ambiental en zonas del área metropolitana del área de Bucaramanga [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;1999.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.90. Resumen de la tesis Evaluación de factores de riesgo ambiental relacionados con la vivienda que inciden en la presencia de enfermedad diarreica aguda e infección respiratoria aguda en el municipio de San Gil, Santander.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Evaluación de factores de riesgo ambiental relacionados con la vivienda que inciden en la presencia de enfermedad diarreica aguda e infección respiratoria aguda en el municipio de San Gil, Santander | |
| Lugar: San Gil, Santander | Autor/año: Gloria Casadiego Ardila, 2001 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Factores de riesgo intradomiciliarios |
| Objetivo: Analizar la presencia de factores de riesgo intradomiciliario que favorecen la incidencia de enfermedad diarreica aguda (EDA) e infección respiratoria aguda (IRA) en el municipio de San Gil, Santander. | |
| Resultados | |
| <ul style="list-style-type: none"> • En el área urbana se encontró como factor de riesgo que predispone a EDA e IRA el hacinamiento (14,87%) y la presencia de animales domésticos (21,62%). • Como factores predisponentes de IRA se encontró el uso de cocinas generadoras de humo (34,67%, exclusivo de la zona rural), las paredes en tapia pisada y bahareque (42,67%). El 18,67% de las viviendas del área rural y el 2,7% del área urbana no cuentan con una adecuada ventilación, siendo un factor de riesgo que predispone a la IRA. | |

Nota Fuente: Casadiego G. Evaluación de factores de riesgo ambiental relacionados con la vivienda que inciden en la presencia de enfermedad diarreica aguda e infección respiratoria aguda en el municipio de San Gil, Santander [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2011.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.91.Resumen artículo Promedios geométricos de material particulado fracción respirable (PM₁₀) y detección de metales en el aire de Bucaramanga.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Promedios geométricos de material particulado fracción respirable (PM ₁₀) y detección de metales en el aire de Bucaramanga | |
| Lugar: Bucaramanga, Santander | Autor/año: Alfonso Quijano Parra, 2004 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Estimar los promedios geométricos de material particulado fracción respirable y caracterizar fisicoquímica los filtros utilizados en la medición. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las concentraciones diarias de PM₁₀ no superaron la norma internacional de 150 µg/m³, sin embargo los promedios geométricos son altos, lo cual amerita el aumento en el control de las fuentes emisoras de este contaminante. Se detectó Al, Ca, Fe, Mg y Zn en todas las estaciones, en menor proporción Pb, Ni y Cu y no se detectó Cd, Cr y V. | |

Nota Fuente: Quijano A. Promedios geométricos de material particulado fracción respirable (PM₁₀) y detección de metales en el aire de Bucaramanga. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas;2004;2:21-32.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.92.Resumen de investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT | |
| Lugar: Bucaramanga, Santander | Autor/año: Universidad de la Salle, 2008 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los metales más abundantes en la ciudad de Bucaramanga fueron el Silicio (12,09 µg/m³), Calcio (2,49 µg/m³), Plomo (0,49 µg/m³), Hierro (0,39 µg/m³) y Vanadio (1,21 µg/m³), este último excede el valor promedio diario establecido por la OMS (1 µg/m³). El aporte significativo de Silicio y Calcio muestra la influencia de las fuentes de área dispersa o difusa, representadas en material geológico proveniente del suelo, por procesos de re-suspensión, en suelos erosionados, vías o terrenos destapados, todos ellos influenciados de manera significativa por los efectos de la velocidad y dirección del viento. El Plomo proviene tanto de fuentes fijas puntuales, como de fuentes fijas dispersas, así como de fuentes móviles. Sus concentraciones muestran no solo el aporte constante de estas fuentes sino también el valor significativo de las mismas. Las bajas emisiones de metales en esta ciudad contrastan con los valores de Carbono Orgánico (CO) y Carbono Elemental (CE) y muestran un importante aporte de fuentes tanto fijas como móviles. Se observa un mayor aporte de CO (17,8 µg/m³), respecto al CE (3,6 µg/m³), lo que implica que existe una mayor concentración de fuentes biogénicas a la composición del PM₁₀. Las concentraciones de iones presentan una buena correlación entre Sulfatos y Nitratos como aporte de las fuentes de combustión, sin embargo, las concentraciones de Sulfatos (2,06 µg/m³) superan las concentraciones de Nitratos (1,46 µg/m³), lo que refleja una mejor quema del combustible, la correspondiente emisión de los Óxidos de Nitrógeno y Azufre y la posterior formación en la atmosfera de Sulfatos y Nitratos. Las concentraciones de HAP's encontradas muestran una gran diferencia con los HAP's del resto del país, pues para Bucaramanga se registran importantes concentraciones de Benzo-b-Fluoranteno (102,8 ng/m³), compuesto poco común en el resto de las ciudades analizadas. Bucaramanga presentó un aporte significativo de CE, lo que indica el mayor aporte por fuentes móviles, es decir, se esperaría que Bucaramanga presentara un alto flujo vehicular. La proporción más alta de metales se registra en esta ciudad, lo cual refleja el aporte por fundidoras y fábricas de baterías en la zona de estudio, así como el aporte significativo de material re suspendido proveniente de vías destapadas. La proporción de | |

Nitratos, Sulfatos y Amonio muestran que las fuentes móviles representan el mayor aporte a las emisiones atmosféricas y además, que la mala calidad de los combustibles contribuye significativamente a las mismas.

Nota Fuente: [ULS] Universidad de la Salle. Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas (Contrato 2062394). Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT);2008.

*Adaptado por el autor.

En cuanto a la relación de las enfermedades respiratorias con la contaminación atmosférica, se dispone de la siguiente evidencia científica, sustentada en diferentes investigaciones:

- Durante los años 2009 a 2010 se llevó a cabo en la ciudad de Bucaramanga, la evaluación de los efectos de la contaminación del aire extra e intramural, sobre la salud de poblaciones sensibles; el estudio registró en algunas ocasiones concentraciones diarias intramurales de PM₁₀ mayores que las extramurales, además se realizó la caracterización del material particulado, encontrando una concentración promedio diaria en los filtros de 5,018 µg/m³ de Silice, 1,85 de µg/m³ de Calcio, 1,102 de µg/m³ para Hierro y valores de 0,032 a 0.104 µg/m³ para los metales Cobre, Zinc, Plomo y Aluminio. Para los Cloruros, Sulfatos, Nitratos y Amonio, se resgitraron concentraciones promedio diario de 5,018, 6,156, 1,876 y 1,142 µg/m³, respectivamente. Para los HAP's se obtuvieron valores promedio diario entre los 1,08E-2 hasta los 3,44E-2 ng/m³ para Indeno[1,2,3-cd]pireno, Benzo[g,h,i]perileno, Benzo[b]fluoranteno, Benzo[a]pireno y Fenantreno. Al estimar los impactos en salud se evidencio mayor sintomatología respiratoria en las personas con enfermedad crónica que residen en áreas con promedios diario de PM₁₀ superior a 60 µg/m³, por lo cual este punto podría considerarse como nivel umbral de efectos negativos para la salud respiratoria en población sensible en Bucaramanga (FOSCAL, 2010).
- En la población de preescolares residentes en una zona de mayor contaminación atmosférica, un incremento de 10 µg/m³ en la concentración de PM₁₀, incrementa en 1,3 el número de síntomas respiratorios diarios reportados (Rodríguez, 2010b).
- Se encontró una asociación positiva en la prevalencia de síntomas respiratorios indicativos de asma con la contaminación intradomiciliaria (Rodríguez, 2010a), donde los síntomas de asma se asociaron con la presencia de ácaros y Acremonium sp (Herrera, 2011).
- Se encontró asociación positiva entre la incidencia de síntomas respiratorios y exposición a concentraciones medias diarias de PM₁₀ mayores a 60 µg/m³, en personas con enfermedades crónicas cardiovasculares o respiratorias (Rodríguez, 2012).

Tabla 4.93. Resumen de proyecto de investigación de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de poblaciones sensibles con el propósito de determinar alertas epidemiológicas-ambientales y orientar los planes de mejoramiento de la calidad del aire a mediano y largo plazo en la ciudad de Bucaramanga.

Nombre documento: Proyecto de investigación de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de poblaciones sensibles con el propósito de determinar alertas epidemiológicas-ambientales y orientar los planes

de mejoramiento de la calidad del aire a mediano y largo plazo en la ciudad de Bucaramanga (Fase II). Convenio especial de cooperación científica y tecnológica No. 033 de 2009 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

| | |
|--------------------------------------|---|
| Lugar: Bucaramanga, Santander | Autor/año: Fundación Oftalmológica de Santander – Clínica Carlos Ardila Lulle (FOSCAL), Observatorio de Salud Pública de Santander, 2010 |
|--------------------------------------|---|

| | |
|--------------------------------------|---|
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
|--------------------------------------|---|

Resultados:

- En la estación de la Zona Centro, catalogada de alta contaminación, para el periodo Noviembre 2009 - Mayo 2010, las concentraciones diarias de PM₁₀ al interior del Almacén Tekno Hogar son mayores en comparación con los datos obtenidos en la parte exterior. Durante los siete meses de monitoreo, solamente en una ocasión se superó la Norma diaria de Calidad del Aire (100 µg/m³); la concentración diaria más alta se obtuvo entre los meses de enero y marzo, época de máximo verano en el municipio de Bucaramanga, con un valor máximo de 144 µg/m³ en el interior del almacén Tekno Hogar. Posteriormente con la llegada de las lluvias, a comienzos del mes de abril, se disminuyó la concentración de PM₁₀ en los tres sitios de la zona centro continuando con la misma tendencia de la época seca, en donde al interior del almacén Tekno Hogar se registraban las mayores concentraciones de PM₁₀, debido posiblemente a la deficiente ventilación que posee el almacén, que no permite la dispersión de los contaminantes. Para la estación de San Miguel (Zona de alto flujo vehicular), se observó un incremento en la concentración de PM₁₀ en el mes de marzo debido al fuerte verano que se registró en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). El valor máximo fue de 104.14 µg/m³. Posteriormente, a partir de abril, se registró una disminución en la concentración debido a la presencia de lluvias. Las concentraciones extra e intramurales en este punto fueron similares.
- En la Zona Media de contaminación media, específicamente el Barrio Molinos Alto, las concentraciones de PM₁₀ medidas en el exterior de la vivienda, son mayores a los obtenidos en la estación de Cañaveral de propiedad de la CDMB y de los datos registrados al interior de la misma vivienda. En tres ocasiones se superó la Norma diaria de Calidad del Aire para este contaminante durante los siete (7) meses de monitoreo continuo; la máxima concentración diaria fue de 182 µg/m³, en la parte exterior de la vivienda. Para el área de Cabecera del Llano, la concentración de PM₁₀ en el exterior del conjunto residencial Casa Hacienda es menor que la encontrada en el parque San Pio y sus alrededores. En ninguna ocasión se superó la Norma diaria de Calidad del Aire durante los siete (7) meses de monitoreo continuo; la mayor concentración de PM₁₀ fue de 128.52 µg/m³. Entre los meses de enero y marzo de 2010, se presentaron las más altas concentraciones de partículas en el aire que respira la población de esta zona, debido al fuerte verano y por lo tanto a la presencia de pocas lluvias en estos meses del año.
- En la zona de baja contaminación, durante el mes de marzo de 2010, el punto de monitoreo La Joya presentó una concentración promedio diaria intramural de PM₁₀ de 49.35 µg/m³, levemente mayor al valor extramural (42.30 µg/m³), sin embargo a partir de Abril la situación se invierte. Al igual que en todos los demás sitios de monitoreo, en el mes de marzo se observó un incremento en la concentración de PM₁₀ debido al fuerte verano que se registró en el AMB. El valor máximo diario fue de 75.13 µg/m³, obtenido al interior de la vivienda del Barrio la Joya. Posteriormente, a partir de abril, se registró una disminución debido a la presencia de lluvias. La concentración promedio de PM₁₀ en el Barrio La Joya, para los siete meses de monitoreo fue de 35.61 µg/m³. En el Barrio Kennedy de la comuna norte de Bucaramanga, la concentración promedio diario de PM₁₀ fue de 46.57 µg/m³.
- En términos generales los Cloruros (entre 14% y 27%) y Sulfatos (entre 21% y 43%) son los iones más abundantes en las muestras recolectadas. El Sílice (exceptuando la estación Ricaurte, se encuentra entre 16% y 50%) y el Calcio (exceptuando la estación Cañaveral, se encuentra entre 8% y 13%) son las especies más abundantes que no son iones. El Plomo (entre 0.02% y 0.30%) y el Zinc (entre 0.16% y 0.67%) son las especies con menores aportes entre los Iones-Metales analizados en el estudio.
- Al comparar los resultados de iones y metales obtenidos en cada una de las zonas, se puede observar que los Cloruros y Sulfatos representan la mayor estos (entre 38% y 66%). El Sílice es la especie que presenta mayor variabilidad entre las diferentes zonas (entre 0.01% y 50%). Las composiciones encontradas en las estaciones San Miguel y La Joya son similares (predominan los cloruros, sulfatos y el sílice), mientras que en Ricaurte predomina los sulfatos (43%) y en Cañaveral el sílice (50%). Es de notar que a pesar de que

las estaciones San Miguel y Cañaveral se encuentran al lado de vías principales (Carrera 15 y Autopista a Piedecuesta) no presentan proporciones de iones-metales similares. En la época de lluvias (abril y mayo) los iones y metales tienden a disminuir en las diferentes zonas, siendo los cloruros y sulfatos los más afectados, mientras que la sílice presenta el comportamiento contrario.

- Los cinco PAHs con valores más altos son Indeno[1,2,3-cd]pireno, Benzo[g,h,i]perileno, Benzo[b]fluoranteno, Benzo[a]pireno y Fenantreno, según SPECIATE de la U.S. EPA estos componentes provienen principalmente de quemas, humo de cigarrillo, restaurantes y asaderos, motores diésel, motores a gasolina y cocinas residenciales que utilizan leña. Analizando el contexto de las zonas analizadas se espera que los principales aportantes sean los motores de los vehículos y los restaurantes y asaderos.
- En todas las muestras de PAHs, se nota gran influencia de las lluvias en los valores registrados a partir de las primeras semanas de abril, ya que la mayoría de los PAHs disminuyen en dicha época (entre 3 y 30 veces respecto al promedio de época seca). El Indeno[1,2,3-cd]pireno, el Benzo[g,h,i]perileno y el Benzo[b]fluoranteno parecen ser los únicos PAHs menor o poco influenciados por las lluvias.
- Es interesante notar que el equipo etalómetro puede servir como alternativa para medir los niveles de Carbono Elemental (CE) (equivalente a Carbono Negro –BC–). Los máximos valores registrados de BC no superan los 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor promedio de BC entre el 22 de enero y el 31 de mayo de 2010 fue de 5.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual representa un 9% del promedio para PM_{10} en el mismo periodo en la estación Centro. Al comparar el promedio de BC de todo el periodo con la norma anual de $\text{PM}_{2.5}$, se encuentra que este representa el 21% del nivel máximo permitido (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Al observar que el equipo presentó sus mayores registros en las horas pico de tráfico vehicular, se puede pensar que los buses de transporte público son la principal fuente de BC en la zona evaluada. El BC tiene una gran porosidad y capacidad de absorber otras sustancias, por lo tanto su principal efecto fisiológico es servir de vehículo de sustancias dañinas que pueden transportarse y depositarse en el sistema respiratorio.
- El mejor acuerdo entre niveles de PM_{10} intra y extramurales se obtuvo en la zona de baja contaminación (La Joya promedio de diferencias = 0,50) y el menor acuerdo en la zona media de contaminación (Cabecera promedio diferencias= 40,7 y Molinos promedio diferencias = -22,7), lo que quiere decir que las concentraciones de PM_{10} en exteriores son mejores predictores de concentraciones intramurales en zonas de baja concentración.
- En la zona centro (alta) y La Joya (baja) la contaminación intramural es mayor a la registrada en el exterior, mientras que en Molinos (media) se obtuvo el patrón contrario. Este resultado puede ser explicado por el tipo de actividades micro-empresariales que se desarrollan en el intradomicilio en el centro y La Joya, y que en ambientes intramurales la dispersión de los contaminantes es mínima, lo que aumenta su concentración.
- En todos los puntos de monitoreo tanto las mediciones intra como extramurales tuvieron un punto máximo durante el periodo más seco, específicamente en el mes de enero y un decremento que coincidió con el inicio de periodo de lluvias.
- En las viviendas de la población de estudio se observó que el combustible para cocinar es predominantemente gas (95%) y el uso de leña solo se encontró en el 0,5% de las viviendas. El consumo de cigarrillos (20,6%) y uso de aerosoles (22,5%) se encontraron como las fuentes de contaminación más frecuentes al interior de las viviendas, siendo más frecuente la presencia de humo de cigarrillo en la zona de baja contaminación y los aerosoles en la zona de alta contaminación. Por su parte, la presencia de cucarachas y animales domésticos (perros y aves) fueron otros factores ambientales encontrados con bastante frecuencia dentro de las viviendas por zona de exposición (51%, 36% y 28%, respectivamente). En las zonas de estudio se encontraron posibles fuentes de contaminación atmosférica alrededor de las viviendas, dadas principalmente por talleres de zapatería en la zona de baja contaminación (70%) y en la zona de alta contaminación, por estos talleres sumados a talleres dedicados a carpintería/tapicería (64%); en la zona media también se encontraron estas fuentes contaminantes.
- La prevalencia de ruidos respiratorios en el último año en menores de un año fue de 66.6%; en niños de 1 a 14 años fue de 80% y en adultos a partir de 15 años fue de 43.7%. El análisis comparativo por zonas muestra que teniendo como zona de referencia de comparación la zona de alta contaminación, se mantiene un mayor riesgo de incidencia en la zona de baja contaminación, para la mayoría de síntomas; el que presenta una mayor razón de incidencias es la asfisia, que en la zona de baja contaminación tiene un 73% más de incidencia comparado con las personas que viven en la zona de alta contaminación. Por el

contrario, la aparición de sibilancias y la necesidad de hospitalización fueron menores en las zonas de contaminación baja y media. En el caso de las sibilancias, éstas aparecieron con un 40% menos de frecuencia en la zona baja que en la zona alta. La hospitalización, por su parte, fue 30% menos frecuente en las personas que residen en la zona de baja contaminación.

- La tasa de incidencia de síntomas respiratorios es 64% mayor en la zona de alta contaminación comparada con la zona media y 77% mayor que en la zona baja.
- Se encontró una relación positiva entre la incidencia de síntomas respiratorios y la exposición a niveles altos de contaminación externa en población con enfermedad respiratorio o cardiovascular crónica. De esta manera vivir en una zona concentraciones de PM₁₀ superiores a 60 µg/m³ determina un riesgo de alrededor de 70% más probabilidad de desarrollar síntomas respiratorios en poblaciones previamente enfermas.
- Los resultados además confirman que en esta población sensible es también muy importante el efecto de algunas condiciones personales, como el tipo de enfermedad crónica, y del entorno como la presencia de contaminantes biológicos (hongos) en el interior de las viviendas.
- Se encontró mayor sintomatología respiratoria en las personas con enfermedad crónica que residen en áreas con promedios diario de PM₁₀ superior a 60 µg/m³, por lo cual este punto podría considerarse como nivel umbral de efectos negativos para la salud respiratoria en población sensible en Bucaramanga.

Nota Fuente: [FOSCAL] Fundación Oftalmológica de Santander - Clínica Carlos Ardila Lulle. Proyecto de investigación de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de poblaciones sensibles con el propósito de determinar alertas epidemiológicas-ambientales y orientar los planes de mejoramiento de la calidad del aire a mediano y largo plazo en la ciudad de Bucaramanga (Fase II). Convenio especial de cooperación científica y tecnológica No. 033 de 2009 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Investigación. Bucaramanga, Santander:FOSCAL;2010.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.94.Resumen de artículo Incidencia de síntomas respiratorios y su asociación con contaminación atmosférica en preescolares: un análisis multinivel.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Incidencia de síntomas respiratorios y su asociación con contaminación atmosférica en preescolares: un análisis multinivel | |
| Lugar: Bucaramanga, Santander | Autor/año: Rodríguez V. Laura Andrea; Herrera López Astrid Berena; Castro Ortiz Henry; Niederbacher Velázquez Jurg; Vera Cala Lina María; 2010 |
| Tipo documento: Articulo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar la asociación entre contaminación atmosférica y el desarrollo de síntomas respiratorios en preescolares (menores de siete años) de Bucaramanga, Colombia. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La mediana de las mediciones diarias de PM₁₀ durante los 12 meses fue de 49,15 µg/m³; en la zona de mayor contaminación fue de 55,5 µg/m³ con un rango intercuartílico entre 39,2 y 68,8 µg/m³, mientras que en la zona de menor contaminación fue de 32,5 µg/m³ entre 25,9 y 42,4 µg/m³. • La zona de mayor contaminación de la ciudad se ubicó en el centro, con un promedio diario de PM₁₀ de 89,56 µg/m³ y la zona de menor contaminación al occidente con un promedio de 40,08 µg/m³. • El promedio de síntomas por día fue de 69,42 con un rango intercuartílico entre 54 y 87. • En la población de preescolares residentes en la zona de mayor contaminación, un incremento de 10 µg/m³ en la concentración atmosférica de PM₁₀ incrementó en 1,3 el número de síntomas diarios reportados. • Los pisos de tierra demostraron aumentar el riesgo de desarrollar síntomas respiratorios, mientras la tenencia de animales domésticos mostraron disminuirlo. | |
| Observaciones: Estudio de cohorte de 707 escolares, de un año duración, donde se registraron síntomas en preescolares residentes en dos zonas de la ciudad con mediciones extremas de PM ₁₀ . | |

Nota Fuente: Rodríguez LA, Herrera AB, Castro, et al. Incidencia de síntomas respiratorios y su asociación con contaminación atmosférica en preescolares: un análisis multinivel. Cadernos de Saúde Pública;2010b;26:1411-1418.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.95. Resumen del artículo Prevalencia de síntomas respiratorios indicativos de asma y asociación con contaminación atmosférica en prescolares de Bucaramanga, Colombia.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Prevalencia de síntomas respiratorios indicativos de asma y asociación con contaminación atmosférica en prescolares de Bucaramanga, Colombia | |
| Lugar: Bucaramanga, Santander | Autor/año: Rodríguez Laura Andrea, Rey Juan José, Herrera Astrid Berena, Castro Henry, Niederbacher Jurg, Vera Lina María, Cala Luz Libia, Bolívar Fabio, 2010 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar la prevalencia de síntomas respiratorios indicativos de asma en la población preescolar y compararla entre zonas con diferentes niveles de contaminación atmosférica en Bucaramanga, Colombia. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La zona de alta contaminación presentó un promedio anual de PM₁₀ de 89,56 µg/m³, mientras la zona de baja contaminación registró una concentración promedio de 40,08 µg/m³. • El tabaquismo (27,5%) y los aerosoles (22,7%) se encontraron como las fuentes de contaminación más frecuentes dentro de las viviendas, siendo más frecuentes en la zona de baja contaminación. El combustible para cocinar era predominantemente el gas (95%) y el uso de leña sólo se encontró en 0,5% de las viviendas. • La prevalencia de ruidos respiratorios a lo largo de la vida fue de 25,6% (IC95% 23,2-29,8) y la de diagnóstico médico de asma fue de 8,4% (IC95% 6,2-11,5), sin diferencias significativas entre las zonas. • El modelo final no mostró asociación entre la contaminación atmosférica y la presencia de mayor registro, denominada de “alta” contaminación (centro de la ciudad) y la zona de menor registro, denominada de “baja” contaminación (occidente de la ciudad). | |
| Observaciones: Estudio observacional analítico de corte transversal, donde se estudiaron 768 niños menores de siete años distribuidos de las zonas de alta y baja contaminación. | |

Nota Fuente: Rodríguez LA, Rey JJ, Herrera AB, Castro H, Niederbacher J, Vera L, et al. Prevalencia de síntomas respiratorios indicativos de asma y asociación con contaminación atmosférica en prescolares de Bucaramanga, Colombia. *Biomédica*;2010a;30:15-22.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.96. Resumen de artículo Contaminación biológica intradomiciliaria y su relación con síntomas respiratorios indicativos de asma bronquial en prescolares de Bucaramanga, Colombia.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Contaminación biológica intradomiciliaria y su relación con síntomas respiratorios indicativos de asma bronquial en prescolares de Bucaramanga, Colombia | |
| Lugar: Bucaramanga, Santander | Autor/año: Herrera Astrid B.; Rodríguez Laura A.; Niederbacher Jürg; 2011 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Bioaerosoles |
| Objetivo: Evaluar la asociación entre la presencia de contaminantes biológicos intradomiciliarios y síntomas indicativos de asma, en prescolares de Bucaramanga, Colombia | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • El modelo binomial mostró que los síntomas de asma se asociaron con la presencia de: ácaros [razón de prevalencia (RP)=1,78; IC95%: 1,0-3,0] y <i>Acremonium sp.</i> (RP=6,2; IC95%: 3,8-10,0), antecedentes de neumonía (RP=4,0; IC95%: 2,5-6,4), de rinitis alérgica (RP=1,9; IC95%: 1,25-3,1), de prematuridad (RP=3,4; IC95%: 1,7-6,5), de padres con asma (RP=2,6; IC95%: 1,4-5,0) y de tenencia de mascotas (RP=0,4; IC95%: 0,2-0,9). • La exposición a contaminantes biológicos intramurales (ácaros y hongos), los antecedentes personales de prematuridad, neumonía o rinitis y el antecedente familiar de asma, incrementan la probabilidad de presentación de síntomas indicativos de asma bronquial en la población estudiada. | |
| Observaciones: Estudio de corte transversal analítico, en menores de 7 años, en dos zonas de la ciudad con niveles diferentes de contaminación atmosférica por material particulado. | |

Nota Fuente: Herrera AB, Rodríguez LA, & Niederbacher J. Contaminación biológica intradomiciliaria y su relación con síntomas respiratorios indicativos de asma bronquial en prescolares de Bucaramanga, Colombia. *Biomédica*;2011;31:357-371.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.97. Resumen del artículo Efectos de la contaminación atmosférica en la salud respiratoria de población susceptible: un estudio multinivel en Bucaramanga, Colombia.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Efectos de la contaminación atmosférica en la salud respiratoria de población susceptible: un estudio multinivel en Bucaramanga, Colombia | |
| Lugar: Bucaramanga, Santander | Autor/año: Rodríguez V. Laura Andrea; Castro-Ortiz Henry; Rey-Serrano Juan José, 2012 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Analizar el efecto de la exposición a tres diferentes niveles de concentración de PM ₁₀ en las enfermedades respiratorias de la población susceptible en Bucaramanga. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se registraron concentraciones medias diarias de PM₁₀ de 65, 83, 52, 48 y 35 µg/m³ en el centro, sur, norte, este y oeste de la ciudad, respectivamente. El análisis multivariado mostró que la zona de mayor contaminación estaba asociada con un 60% y 74% más de síntomas respiratorios, comparada con la zona de contaminación media y baja, respectivamente. Se encontró asociación positiva entre la incidencia de síntomas respiratorios y exposición a concentraciones medias diarias de PM₁₀ mayores a 60 µg/m³ en personas con enfermedades crónicas cardiovasculares o respiratorias. | |
| Observaciones: Cohorte prospectiva de 770 personas (756 participantes). | |

Nota Fuente: Rodríguez LA, Castro H, & Rey JJ. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud respiratoria de población susceptible: un estudio multinivel en Bucaramanga, Colombia. *Cadernos de Saúde Pública*;2012;28:749-757.

*Adaptado por el autor.

En la ciudad de Pamplona, ubicada en el Departamento de Norte de Santander, se ha monitoreado y caracterizado el PM_{2.5}; se estableció que se excede la norma anual, además que se detectó la presencia de metales pesados tales como Cromo, Hierro, Potasio, Manganeseo, Níquel, Plomo, Zinc y iones sulfato (Quijano, 2005; 2010). Por último se evaluó la actividad mutagénica y genotóxica del PM_{2.5}, concluyendo que se presenta una alta actividad mutagénica directa de los extractos analizados (Meléndez, 2012).

Tabla 4.98. Monitoreo de Material Particulado fracción respirable (PM_{2.5}) en Pamplona, Colombia.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Monitoreo de Material Particulado fracción respirable (PM _{2.5}) en Pamplona, Colombia | |
| Lugar: Pamplona, Norte de Santander | Autor/año: Quijano Parra Alfonso; Orozco M. José Alejandro; 2005 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM _{2.5} |
| Objetivo: Establecer la concentración de PM _{2.5} en la ciudad de Pamplona | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> En la ciudad de Pamplona no se supera la norma diaria de PM_{2.5} establecida por la EPA (50 µg/m³), sin embargo la proyección de los promedios geométricos supera ampliamente la norma internacional (25 µg/m³). | |

Nota Fuente: Quijano A, & Orozco JA. Monitoreo de Material Particulado fracción respirable (PM_{2.5}) en Pamplona, Colombia. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*;2005;3:1-11.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.99. Resumen del artículo Caracterización fisicoquímica del material particulado-fracción respirable PM_{2.5} en Pamplona-Norte de Santander-Colombia.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Caracterización fisicoquímica del material particulado-fracción respirable PM _{2.5} en Pamplona-Norte de Santander-Colombia | |
| Lugar: Pamplona, Norte de Santander | Autor/año: Quijano Parra Alfonso; Quijano Vargas Monica Juliana; Henao Martínez José Antonio, 2010 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM _{2.5} |
| Objetivo: Analizar químicamente el material particulado fracción respirable PM _{2.5} en la ciudad de Pamplona | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se detectó en el aire de Pamplona la presencia de Cr, Fe, K, Mn, Ni, Pb y Zn. Se encontró en el PM_{2.5} de Pamplona la presencia de iones Sulfatos, que posiblemente provengan del combustible Diesel utilizado por las fuentes móviles. El análisis de Difracción de rayos X, mostró la presencia en el PM_{2.5} de Pamplona de las siguientes fases cristalinas: SiO₂, CaCO₃, ZnS, BaSO₄. Los diferentes contaminantes encontrados son generados por las fuentes antropogénicas como la combustión de los combustibles que se utilizan en esta ciudad (gasolina, diésel). | |

Nota Fuente: Quijano A, Quijano MJ, Henao JA. Caracterización fisicoquímica del material particulado-fracción respirable PM_{2.5} en Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal;2010;8:1-20.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.100. Resumen de artículo Actividad mutagénica y genotóxica en el material particulado fracción respirable MP_{2.5} en Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Actividad mutagénica y genotóxica en el material particulado fracción respirable MP _{2.5} en Pamplona, Norte de Santander, Colombia | |
| Lugar: Pamplona, Norte de Santander | Autor/año: Meléndez Gélvez Iván; Martínez Montañez Mónica Liseth; Quijano Parra Alfonso, 2012 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM _{2.5} |
| Objetivo: Estudiar las actividades mutagénica y genotóxica del material particulado fracción respirable MP _{2.5} del aire de Pamplona, Norte de Santander. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> El ensayo mediante el test de Ames usando las cepas TA98 y TA100 de Salmonella typhimurium mostró alta actividad mutagénica directa de los extractos analizados. También fue alta la genotoxicidad inducida por PM_{2.5} y evaluada con el ensayo cometa. El PM_{2.5} presente en las muestras de aire de la ciudad de Pamplona constituye un factor de riesgo para la población expuesta, debido a que puede inducir mutaciones y además llegar hasta el núcleo de linfocitos humanos y causarles daño genotóxico. | |

Nota Fuente: Meléndez I, Martínez ML, Quijano A. Actividad mutagénica y genotóxica en el material particulado fracción respirable MP_{2.5} en Pamplona, Norte de Santander, Colombia. IATERIA;2012;25:347-356.

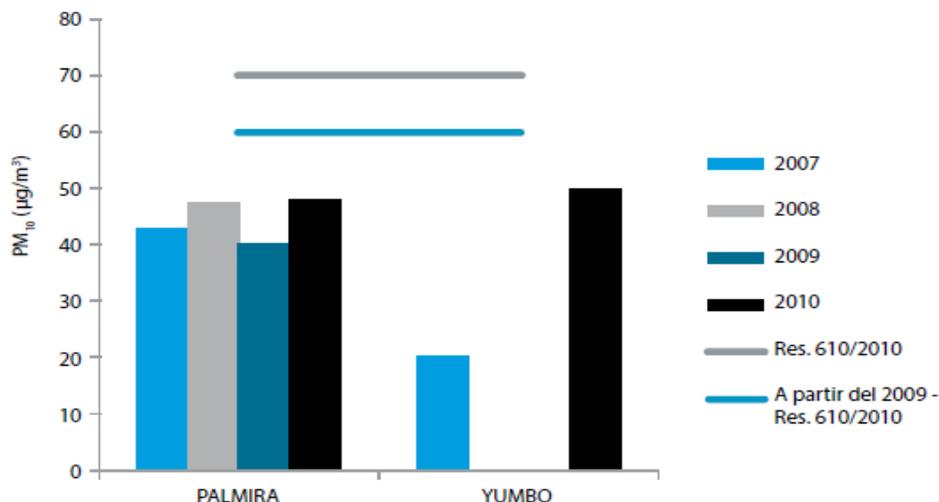
*Adaptado por el autor.

4.5.1.6. Valle del Cauca: Santiago de Cali

En los municipios de Yumbo y Palmira del Departamento de Valle del Cauca, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) administra el SVCA en esta zona. Para el periodo 2007 a 2010 las medianas (24 horas) de PM₁₀ presentaron un aumento a partir del año 2007 con 28,4 µg/m³, llegando en el año 2010 a 45,9 µg/m³. En general en los últimos cuatro años las medianas se concentraron por debajo de 50 µg/m³, lo cual no representa un riesgo a la

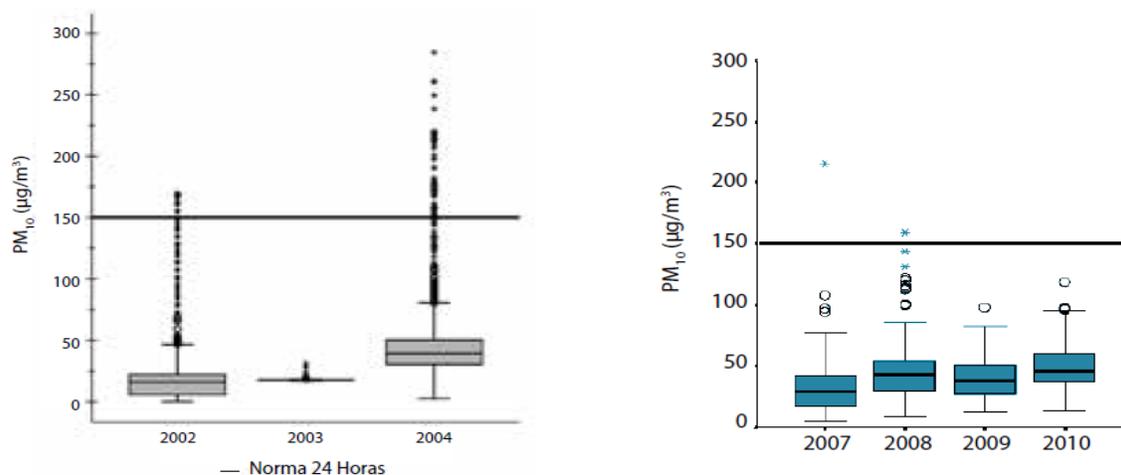
salud para la población aledaña. El comportamiento de los promedios anuales no sobrepasó el límite máximo permisible para el periodo 2007 a 2010 (Figura4.30 y 4.31) (IDEAM, 2012b).

Figura4.30. Concentración promedio de PM₁₀ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Figura4.31. Concentración promedio anual de PM₁₀ en las estaciones del SVCA de la CVC

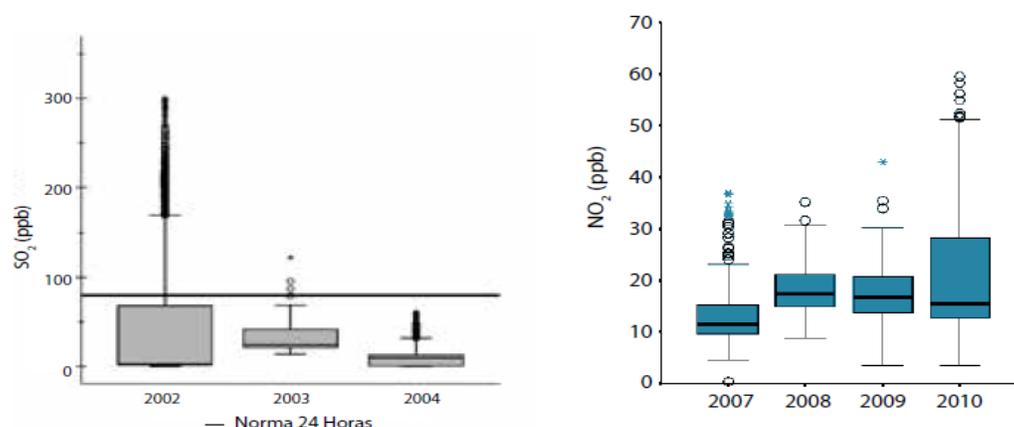


Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Para el Dióxido de Nitrógeno, durante el periodo 2007-2010, las concentraciones 24 horas no superaron el límite máximo permisible (80 ppb); a partir del año 2007 las concentraciones de NO₂ aumentaron progresivamente, llegando a un valor pico de 17,5 ppb en la mediana para el 2008 y presentando una leve disminución de 2 ppb en el 2010. Para un periodo de exposición

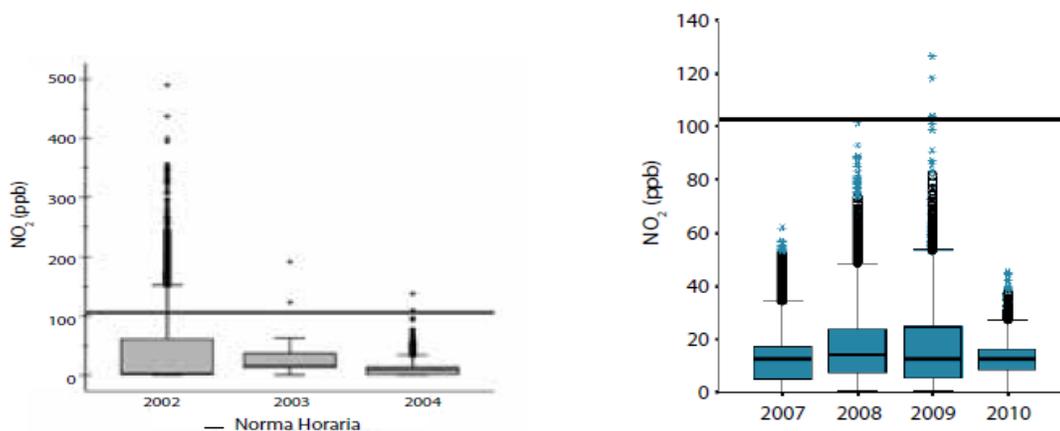
horaria, durante el año 2002 se registraron las mayores concentraciones con valores cercanos a 500 ppb; durante los últimos cuatro años las medianas se mantuvieron por debajo de 15 ppb, sin embargo en el año 2009 se presentaron excedencias con valores que superaron las 110 ppb (Figuras 4.32 y 4.33) (IDEAM; 2012b).

Figura 4.32. Concentración promedio de NO₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

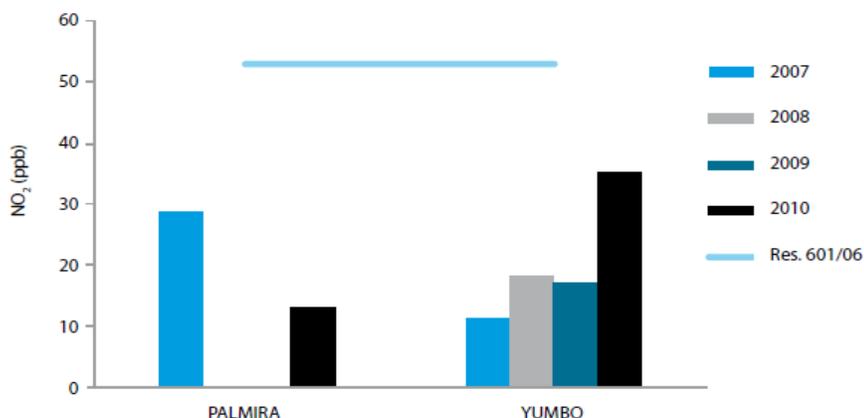
Figura 4.33. Concentración promedio de NO₂ (Horario) en las estaciones del SVCA de la CVC



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

En cuanto a los promedios anuales en las estaciones Palmira y Yumbo se presentaron valores entre 10 y 35 ppb, muy por debajo del límite máximo permisible nacional (53 ppb). La mayor concentración se presentó en la estación Yumbo en el año 2010 con un valor de 35,2 ppb (Figura 4.34) (IDEAM, 2012b).

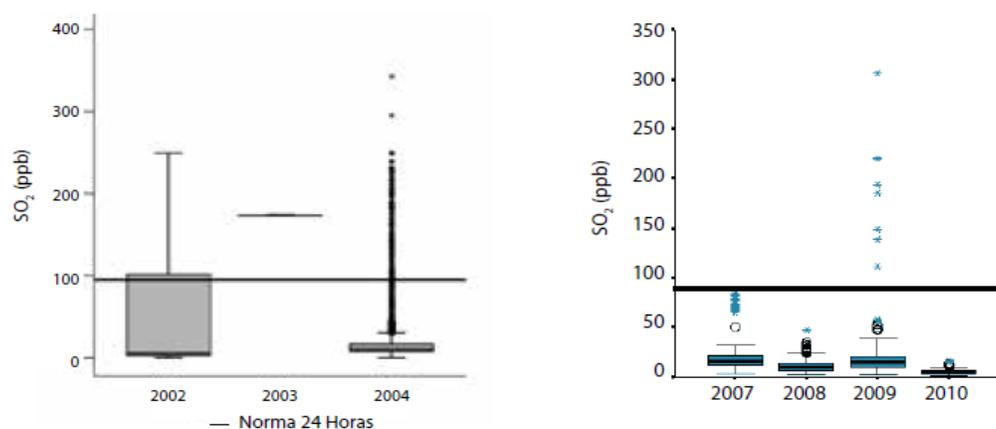
Figura 4.34. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones del SVCA de la CVC



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

En cuanto al Dióxido de Azufre, se observa para el año 2004 una excedencia constante de la norma diaria. Para el periodo de 2007-2010 las concentraciones diarias presentaron medianas por debajo de 15 ppb, no obstante en el año 2009 se presentaron registros que superaron el límite máximo permisible (96 ppb), alcanzando valores máximos de 306 ppb (Figura4.35) (IDEAM, 2012b).

Figura 4.35. Concentración promedio de SO₂ (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC

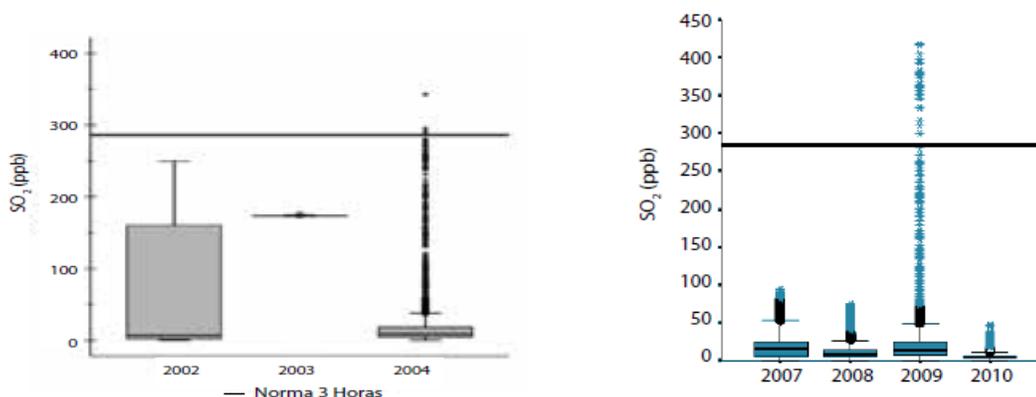


Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Para el periodo 2007-2010, las medianas de los registros promedio de tres horas se encontraron por debajo de las 15 ppb, al igual que en el análisis diario; en el año 2009 se presentaron registros que llegaron a superar la norma establecida de 287 ppb. Finalmente el comportamiento de los promedios anuales del contaminante, para el mismo periodo, mostró que la estación Palmira registró las mayores concentraciones, presentando el mayor promedio anual

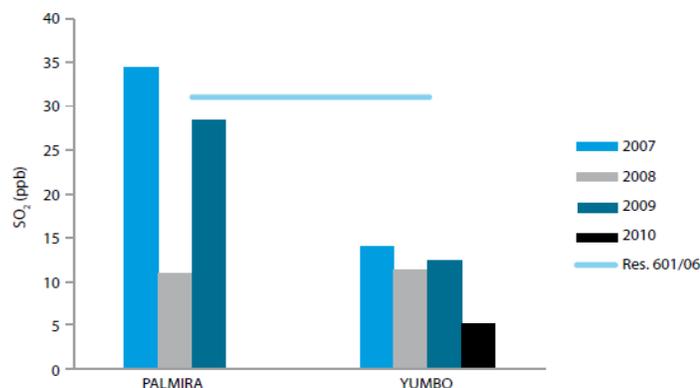
para el año 2007 (34,4 ppb), mientras en la estación Yumbo las concentraciones se mantuvieron entre 5 y 13 ppb (Figura 4.36 y 4.37) (IDEAM, 2012b).

Figura 4.36. Concentración promedio de SO₂ (3 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

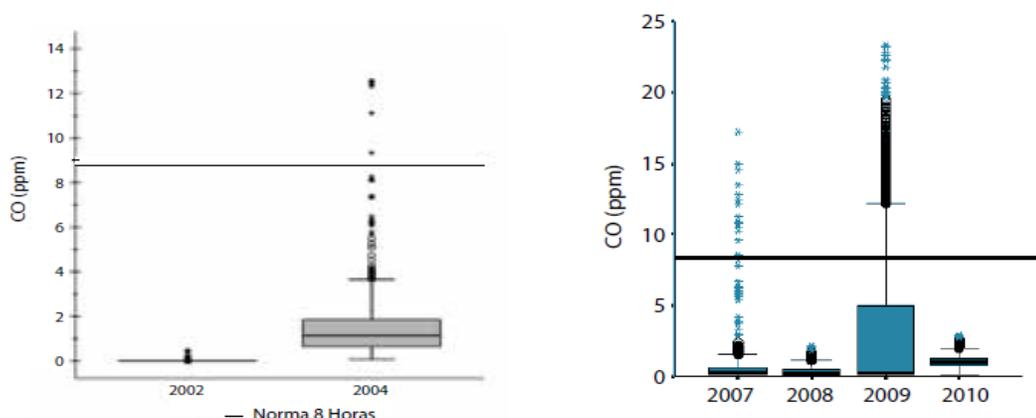
Figura 4.37. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones del SVCA de la CVC



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

En cuanto a las concentraciones octohorarias de Monóxido de Carbono, para los años 2002, 2007, 2008 y 2010 las medianas se mantuvieron entre concentraciones de 0,2 y 1 ppm (Figura 4.38) (IDEAM, 2012b).

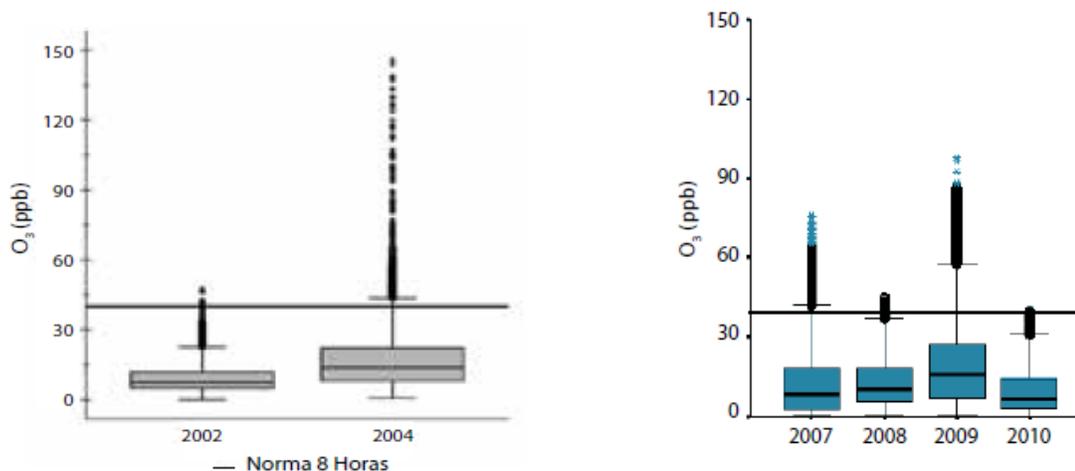
Figura4.38. Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

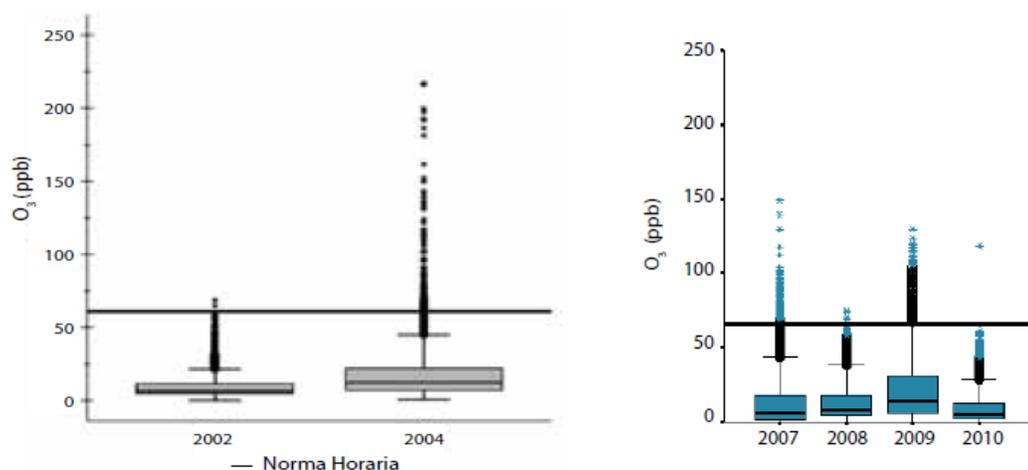
Finalmente para el Ozono, durante todos los años analizados se presentaron valores que superaron el límite máximo permisible para periodos de exposición de 8 horas y una hora, especialmente en los años 2004, 2007 y 2009. Adicionalmente durante el periodo 2007-2010 se evidenció un aumento en las medianas a partir del 2007 hasta el año 2009; en el 2010 se presentó una disminución notable (Figuras4.39 y 4.40) (IDEAM, 2012b).

Figura4.39. Concentración promedio de O₃ (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higiología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Figura 4.40. Concentración promedio de O₃ (Horario) en las estaciones del SVCA de la CVC



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Específicamente para la ciudad de Santiago de Cali, el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), establece en su informe anual de calidad del aire 2011, que la ciudad no presenta problemas por NO₂, SO₂ y CO, ya que sus concentraciones no exceden los valores establecidos en la Resolución 610 de 2010. Se observó una excedencia de la norma horaria y octohoraria de Ozono y anual de PM₁₀ (DAGMA, 2012).

El área Metropolitana de Cali presenta una afectación por las emisiones generadas en la quema de la caña de azúcar, donde los contaminantes emitidos se dispersan hacia la zona sur de la ciudad. Por esta razón se han realizado diversos estudios tanto en el perímetro urbano, como en municipios aledaños que han permitido caracterizar, conocer el comportamiento y establecer el impacto en la salud de los contaminantes del aire presentes en esta zona. A continuación se presentan los hallazgos más importantes de las investigaciones que se han llevado a cabo:

- Se establece que existe un incremento bajo de carbono orgánico (CO) y carbono vegetal (CV), producto de la quema de biomasa de caña de azúcar (Prada, 2010), sin embargo la quema y requema de la caña de azúcar, contribuye en gran medida con el deterioro de la calidad del aire en la zona (Madriñan, 2002).
- Durante 2005 se realizó un inventario de emisiones en el Municipio de Yumbo, lugar donde se concentra una gran actividad industrial, cuyas emisiones afectan la zona norte de Cali; se estableció que la industria del papel, artes gráficas y la industria química emiten el 77% de Monóxido de Carbono (CO) y el 75% de COV en toda la zona de estudio. De estos contaminantes, la ciudad de Cali contribuye con el 62% de CO y con el 91% de COV, lo que lleva a recomendar la implementación de programas que permitan a futuro pronosticar, de acuerdo al crecimiento industrial, poblacional y vehicular, así como al uso de combustibles alternos, los escenarios de formación de ozono en la región Cali-Yumbo (Jaramillo, 2005).

- En 2005 se realizó una estimación no paramétrica de las curvas típicas diarias para los contaminantes CO, NO₂ y SO₂, el cual permitió establecer zonas de mayor contaminación para estos contaminantes, además de identificar como fuentes de emisión principal a las fuentes móviles (Montoya, 2005).
- En 2007 se caracterizó el PM₁₀ encontrando concentraciones de Silicio de 25,22 µg/m³, 1,3 µg/m³ (Hierro), 2,69 µg/m³ (Calcio) y 2,52 µg/m³ para Vanadio, este último excede el valor medio diario internacional establecido por la OMS (1 µg/m³). La concentración de Plomo fue de 0,963 µg/m³, valor que no excede la norma nacional de 24 horas (1,5 µg/m³). Para los HAP's caracterizados se destacan las concentraciones elevadas de naftaleno, lo que se puede deber al uso de combustibles que tienen este componente (ULS, 2008).
- En 2008 se realizó una modelación matemática que estimó las concentraciones de PM₁₀ y la prevalencia de Asma, Infección Respiratoria Aguda y Bronquitis en 8 sectores de la ciudad de Cali, sin encontrar una asociación entre las variables (De la Pava, 2008).
- Al caracterizar el PM_{2.5} en una zona industrial de la ciudad de Cali se identificó Cromo, Arsénico, Cadmio, Cobre y Plomo, los cuales exceden en ocasiones los límites máximos permisibles (Abrahams, 2009); a su vez, se establecieron los aportes de fuentes móviles e industriales que producen los metales encontrados, así como los aportes de CO y CE dentro de las emisiones (Abrahams, 2011).
- La concentración de Benceno medida en una zona expuesta a las emisiones del Botadero de Navarra, fue de 2.92 µg/m³, valor que supera 48% de las veces el nivel máximo permitido para prevenir afectación en la salud (Gómez A, 2008).
- Se ha desarrollado un modelo aplicando metodología de Box-Jenkins para la predicción de ozono en la ciudad, el cual mostró un poder de predicción aceptable, lo que permitiría reforzar la vigilancia de este contaminante que es de gran importancia en la ciudad (Jaramillo, 2007).
- Se identificaron fuentes de exposición internas a PM_{2.5} en una cohorte de mujeres embarazadas, donde practicas como el reciclaje y la quema de basuras al aire libre se asociaron con la presencia de Plomo, además del barrido diario, el uso de cortinas para dividir las habitaciones y permanecer con las ventanas abiertas todo el día (Abraham, 2011b).

Los resultados de las investigaciones mencionadas se muestran a continuación:

Tabla 4.101. Resumen de tesis, compilaciones y análisis sobre contaminación del aire producida por la quema y la requema de la caña de azúcar; *saccharum officinarum L*, en el valle geográfico del río Cauca.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Compilación y análisis sobre contaminación del aire producida por la quema y la requema de la caña de azúcar; <i>saccharum officinarum L</i> , en el valle geográfico del río Cauca | |
| Lugar: Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Madriñan Palomino Carlos Eduardo; 2002 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Partículas, CO e Hidrocarburos |
| Objetivo: Recopilar la información existente en Colombia sobre la quema y la requema de la caña de azúcar <i>Saccharum officinarum L</i> , analizar el impacto ambiental que causa, plantear y ampliar la discusión. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> La quema y requema de la caña de azúcar <i>Saccharum officinarum L</i>, en el valle geográfico del río Cauca, contribuye en gran medida con el deterioro de la calidad del aire, toda vez que genera gran cantidad de contaminantes discriminados así: 34.155 Kg/día de partículas; 370.012 Kg/día de CO y 54.648 Kg/día de Hidrocarburos, para un promedio de 450 Ha que se queman diariamente. | |

Nota Fuente: Madriñan CE. Compilación y análisis sobre contaminación del aire producida por la quema y la requema de la caña de azúcar, *saccharum officinarum L*, en el valle geográfico del río Cauca [Tesis]. Palmira: Universidad Nacional de Colombia sede Palmira;2002.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.102. Resumen de artículo Estimación no-paramétrica de curvas típicas diarias para los contaminantes CO, NO₂ y SO₂ en Santiago de Cali.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Estimación no-paramétrica de curvas típicas diarias para los contaminantes CO, NO ₂ y SO ₂ en Santiago de Cali | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Martha Rocío Montoya Murillo, Alexandra Morales Buitrago, Javier Olaya Ochoa, 2005. |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: CO, NO ₂ y SO ₂ |
| Objetivo: Estimar las curvas típicas diarias de los contaminantes monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO ₂) y dióxido de azufre (SO ₂) usando los datos recolectados por las estaciones de monitoreo de la ciudad de Cali. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Haciendo uso de los modelos para el CO, el nivel de concentración a las 3:30 PM en la Calle 15 sería 4.8 ± 0.3 ppm para la temporada seca y de 5.6 ± 0.25 ppm para la temporada lluviosa, ambos con un nivel de confianza del 95%. El nivel promedio de NO₂ para la estación de la Escuela República de Argentina en un día ordinario a las 2:30 P.M. sería de 57 ± 0.35 ppb con un nivel de confianza del 95%. En la estación de la Base Aérea los niveles de contaminación por SO₂ se encuentran bien diferenciados para las temporadas seca y lluviosa, siendo mayor en la temporada seca. La contaminación del aire en Santiago de Cali se debe fundamentalmente a las fuentes móviles, es decir, a la emisión de gases por parte de autos y buses. Los más altos niveles de contaminación se presentan en la estación de la Calle 15, en el centro de la ciudad, producida por la emisión de gases vehiculares. | |

Nota Fuente: Montoya MR, Morales A, & Olaya J. Estimación no-paramétrica de curvas típicas diarias para los contaminantes CO, NO₂ y SO₂ en Santiago de Cali. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente;2005;2:23-27.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.103. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes puntuales en la zona Cali-Yumbo (Colombia).

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes puntuales en la zona Cali-Yumbo (Colombia) | |
| Lugar: Yumbo, Valle del Cauca | Autor/año: Mauricio Jaramillo, María Núñez Cabrera, William Ocampo Duque, Diego Darío Pérez Ruiz, Gloria Portilla; 2005. |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: COV, PM ₁₀ , CO, NO _x y SO _x |
| Objetivo: Calcular las emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales (COV, PM ₁₀ , CO, NO _x y SO _x) por fuentes puntuales para el año 1997 en Cali-Yumbo (Colombia). | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Del total de fuentes puntuales analizadas, 50 se encuentran en Yumbo, principalmente al sur de este municipio, y las 58 restantes en Cali, principalmente en las comunas 4, 5, 8, y 9 al norte de la ciudad. • El sector de industria química es el de mayor participación en la zona Cali-Yumbo (23%) y genera el mayor grado de las emisiones de COV (70%) y CO (49%). • El sector industrial de papel y artes gráficas, aunque representa sólo el 11% del total de las empresas estudiadas (108), en la zona Cali-Yumbo genera el 56% de MP10, 43% de SO_x y 39% de NO_x. • La industria del papel, artes gráficas y la industria química emiten el 77% de CO y el 75% de COV en toda la zona de estudio. De estos contaminantes, la ciudad de Cali contribuye con el 62% de CO y con el 91% de COV, lo que lleva a recomendar desde ahora la implementación de programas que permitan en un futuro inmediato pronosticar, de acuerdo al crecimiento industrial, poblacional y vehicular, así como al uso de combustibles alternos, los escenarios de formación de ozono en la región Cali-Yumbo. | |

Nota Fuente: Jaramillo M, Núñez M, Ocampo W, Perez DD, & Portilla G. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes puntuales en la zona Cali-Yumbo, Colombia. Ingeniería & Desarrollo;2005;17:115-129.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.104. Resumen de artículo Análisis de series de tiempo univariante aplicando metodología de Box-Jenkins para la predicción de ozono en la ciudad de Cali, Colombia.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Análisis de series de tiempo univariante aplicando metodología de Box-Jenkins para la predicción de ozono en la ciudad de Cali, Colombia | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Mauricio Jaramillo Ayerbe, Daniel Enrique González Gómez, María Eugenia Núñez Cabrera, Gloria Esperanza Portilla, Jesús Heriberto Lucio García; 2007 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Ozono |
| Objetivo: Predecir a corto plazo la concentración de ozono troposférico en la zona urbana de la ciudad de Cali, Colombia, mediante el análisis univariante de series de tiempo. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • De los 2.496 datos horarios (104 días), se obtuvo una concentración media de 19 ppb, un mínimo de 1,9 y un máximo de 81. El ozono presenta valores máximos alrededor de las 14 a 15 horas, que siguen a las horas de mayor intensidad de radiación solar, y menores concentraciones en las horas de la madrugada debido a la ausencia de radiación. • El poder de predicción del modelo es aceptable hasta para un período de tiempo de 8 horas hacia adelante. Se establece así la posible utilidad de esta metodología, mediante su implementación en tiempo real como complemento al análisis de los datos de monitoreo de calidad del aire, en la mitigación de los efectos negativos para la salud como consecuencia de episodios de altas concentraciones de ozono. | |

Nota Fuente: Jaramillo M, González DE, Núñez ME, Portilla GE, & Garcia JH. Análisis de series de tiempo univariante aplicando metodología de Box-Jenkins para la predicción de ozono en la ciudad de Cali, Colombia. Revista Facultad de Ingeniería;2007;39:79-88.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.105. Resumen de investigación Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas. Contrato 2062394 MAVDT | |
| Lugar: Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Universidad de la Salle, 2008 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La concentración de Silicio en la ciudad fue de 25,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Otros metales registraron valores de 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hierro), 2,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Calcio) y 2,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para Vanadio, este último excede el valor medio diario internacional establecido por la OMS (1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Las concentraciones de Plomo son de alta proporción y variación (0,963 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), esto implica que en algunos casos existan diversas fuentes que emiten esporádicamente y en otros, de manera continua pero en menor proporción. • La baja proporción de Carbono Elemental (CE) (0,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) muestra de acuerdo con los resultados obtenidos de otros parámetros, que existe una alta dispersión o degradación de estos componentes por acción de los viento o de la intensidad solar existente en esta zona; el Carbono Orgánico (CO) presentó una concentración de 5,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. • La concentración de Nitratos (4,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Sulfatos (5,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Amonio (3,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) son altamente correlacionables en el área metropolitana de la ciudad de Santiago de Cali. El análisis muestra un menor aporte de las fuentes móviles, lo que es altamente correlacionable con las bajas concentraciones de CO y CE presentado durante el periodo de monitoreo. • El sector de Yumbo analizado, muestra la más alta concentración de Sulfatos de los registrados en las siete ciudades evaluadas, lo cual permite concluir que el sector industrial de Yumbo en el área metropolitana de Santiago de Cali, presenta el mayor aporte por combustibles con altos contenidos de Azufre y Nitrógeno, pues al igual que los Nitratos registra las mayores concentraciones de las ciudades evaluadas. Los resultados señalan una baja calidad de los combustibles empleados en esta zona, bien sea por fuentes fijas o por fuentes móviles. • Para los HAP's caracterizados en la ciudad de Santiago de Cali, se destacan las concentraciones elevadas de naftaleno, lo que se puede deber al uso de combustibles que tienen este componente. • El monitoreo en Santiago de Cali fue efectuado en la Estación ubicada en el Diario el País que colinda con la zona industrial de Yumbo, la cual exhibe altos niveles de metales, valores que contrastan con el CO y el CE que en esta ciudad presentó los menores valores. En este sector es importante mostrar el alto porcentaje de material desconocido que posiblemente este asociado en buena parte a material geológico, relacionado con fuentes de área dispersa o difusa, lo que se evidencia con las altas proporciones de Calcio encontradas en esta ciudad. • Se destaca la proporción de fuentes como Calcio y metales como Hierro pues ellos son trazadores de fuentes de origen geológico, también se destaca la baja proporción de fuentes biogénicas y por su puesto la menor proporción de CE, valor que contrasta ampliamente con las concentraciones de Sulfatos y Nitratos lo que permite confirmar un alto proceso de transformación de iones en la atmósfera. | |

Nota Fuente: [ULS] Universidad de la Salle. Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas (Contrato 2062394). Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT);2008.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.106. Resumen del artículo Modelación matemática de la relación PM₁₀-enfermedades pulmonares en la Ciudad de Cali.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Modelación matemática de la relación PM ₁₀ -enfermedades pulmonares en la Ciudad de Cali | |
| Lugar: Cali, Valle del Cauca | Autor/año: De la Pava Elmer; Salguero Beatriz; Fernández Oscar,2008 |
| Tipo documento: Articulo | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |

Objetivo: Estimar mediante un modelo matemático la relación entre enfermedades pulmonares como: asma, bronquitis e IRA con la concentración de PM₁₀ en el medio ambiente.

Resultados:

- El sector del Centro Diagnóstico Automotor al norte de Cali recibe a diario una gran cantidad de material particulado por su cercanía con la zona industrial del Municipio de Yumbo. Se encontró una prevalencia de enfermedad del 25%. La variable que más influye en los resultados, es el promedio de PM₁₀ que fue de 62 µg/m³, el cual tiene como origen el transporte público y la zona industrial.
- En el sector de la Base Aérea de Cali se encontró una prevalencia de enfermedad del 18%. El promedio de PM₁₀ reportado fue de 46 µg/m³.
- En el sector de la Calle 15 de Cali se tiene una prevalencia de enfermedad alrededor del 20%. El promedio de PM₁₀ fue de 48 µg/m³.
- En el sector de la Escuela República de Argentina de Cali se encontró una prevalencia de enfermedad por debajo del 18%. El promedio de PM₁₀ fue de 48 µg/m³.
- En el sector del polideportivo del barrio El Diamante la prevalencia de la enfermedad se encuentra por debajo del 20%. El promedio de PM₁₀ fue de 55 µg/m³ y proviene del transporte público.
- En el sector de Hospital Universitario del Valle la prevalencia de la enfermedad oscila alrededor del 16%. El promedio de PM₁₀ fue de 42 µg/m³.
- En el sector de la Universidad del Valle la prevalencia está por debajo del 13%. El promedio de PM₁₀ fue de 28 µg/m³.
- El sector Club CVC Pance presenta una prevalencia alrededor del 11%. El promedio de PM₁₀ fue de 27 µg/m³.

Nota Fuente: De la Pava E, Salguero B, & Fernández O. Modelación matemática de la relación PM₁₀-enfermedades pulmonares en la Ciudad de Cali. *Scientia et Technica*;2008; 38:347-352.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.107.Resumen del artículo Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Rosa María Gómez, Paola Andrea Filigrana, Fabián Méndez; 2008 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Metano, Benceno |
| Objetivo: Evaluar el efecto de las emisiones del sitio de disposición final de residuos sólidos en Cali, el Botadero de Navarro (BN), en la calidad del aire de una zona definida como expuesta (<3 km de distancia y en dirección predominante del viento) en comparación con otra seleccionada como control (>3 km y en sentido contrario al viento predominante). | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • El metano y el benceno tienen como fuente principal de emisión el BN y son dispersados por acción del viento en la dirección predominante hacia la zona denominada expuesta. • Hay evidencia de un gradiente en la concentración de benceno desde el BN (p<0.01). Las concentraciones encontradas en la zona expuesta (mediana=2.92 µg/m³) superaron 48% de las veces el nivel máximo permitido para prevenir afectación en la salud y fueron mayores que en la zona control (mediana=1.54 µg/m³) donde sólo 22% de las veces se superó la norma. • El metano presentó un gradiente con concentraciones más altas en la zona expuesta que en la zona control, y hay evidencia de una mayor concentración de material particulado menor a 5 micras en la zona expuesta. • Los hallazgos muestran evidencias de efectos ambientales en áreas <3 km del BN. Esta distancia se debe considerar cuando se estén definiendo el perímetro de áreas no habitadas alrededor de sitios municipales de disposición de basuras. | |

Nota Fuente: Gómez RM, Filigrana PA, & Méndez F. Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. *Colombia Medica*;2008;39:245-52.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.108. Abstract of PM_{2.5} and Heavy Metals Outdoor Concentrations at a School Near to an Industrial Zone in Cali, Colombia.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: PM _{2.5} and Heavy Metals Outdoor Concentrations at a School Near to an Industrial Zone in Cali, Colombia | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Abrahams, Nathalie; Lasso, Ana; Filigrana, Paola; Silva, Juan Pablo; Méndez, Fabián; 2009 |
| Tipo documento: Resumen | Contaminante estudiado: PM _{2.5} |
| Objetivo: Establecer los niveles de PM _{2.5} al aire libre y los metales pesados en una escuela que se encuentra a 2,5 km, viente abajo de una zona industrial. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La media de concentración de PM_{2.5} fue 43,38 µg/m³. En el 73% de todas las muestras se encontró Cromo con una concentración media de 0,005 µg/m³; 31% con una concentración de 0.010 µg/m³ de Arsénico; 82% con 0.057 µg/m³ de Cadmio; 71% con 0.024 µg/m³ de Cobrey 100% 0,814 µg/m³ de Plomo. • Sólo se encontró una correlación significativa entre las concentraciones de Plomo y Arsénico (r = 0,90, P < 0,001). El análisis de regresión mostró una asociación estadísticamente significativa entre el Pb y PM_{2.5} (P = 0,05), aunque solamente explicaba el 8% de la variación de PM. • Aunque los niveles de PM_{2.5} no excedieron los límites diarios, hubo una tendencia a sobrepasarlos límites anuales. Las concentraciones de metales pesados, principalmente Pb, representan una amenaza para la salud humana, y la correlación observada entre Pb y As sugiere que las posibles fuentes son las fábricas locales. | |

Nota Fuente: Abrahams N, Lasso A, Filigrana P, et al. PM_{2.5} and Heavy Metals Outdoor Concentrations at a School Near to an Industrial Zone in Cali, Colombia. Epidemiology Abstracts, 21st Annual Conference. Dublin, Ireland: ISEE; 2009; 20: S69-S70.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.109. Resumen de la tesis Evaluación del incremento en carbono orgánico (OC) y carbono elemental (EC) en el material particulado generado por quema de biomasa en el valle geográfico del río Cauca.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Evaluación del incremento en carbono orgánico (OC) y carbono elemental (EC) en el material particulado generado por quema de biomasa en el valle geográfico del río Cauca. | |
| Lugar: Valle del Río Cauca, Valle del Cauca | Autor/año: Gina Daniela Prada Muñoz, María Alejandra Robayo García; 2010. |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Material particulado |
| Objetivo: Determinar la presencia de algunas partículas carbonáceas (EC y OC), producto de la quema de biomasa de caña de azúcar. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • En cuanto a las concentraciones de PM₁₀, los puntos de monitoreo que presentaron la mayor concentración fueron el municipio de Guachené y el corregimiento de Crucero de Gualí, con valores promedio de 41,4 µg/m³ y 31,6 µg/m³ respectivamente. • Las mayores concentraciones de OC estuvieron en el municipio de Guachené y el corregimiento de Crucero de Gualí; las menores concentraciones se encontraron en el municipio de Bolívar y el corregimiento de Ricaurte. • Para el caso de EC las concentraciones más altas se encontraron en el municipio de Guachené y el corregimiento de Bolo San Isidro. Las concentraciones más bajas se encontraron en el municipio de Bolívar y los corregimientos de Ricaurte y Guabas. • Se concluye que existe un incremento debido a la quema de biomasa de caña de azúcar, de las concentraciones de OC y EC aunque este incremento es muy bajo, sin dejar de lado que existen una variedad de fuentes que también influyen en las concentraciones de estos compuestos. | |

Nota Fuente: Prada GD, & Robayo MA. Evaluación del incremento en carbono orgánico (OC) y carbono elemental (EC) en el material particulado generado por quema de biomasa en el valle geográfico del río Cauca [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle; 2010.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.110. Abstract of Source apportionment of air pollution in an urban area influenced by local industries in Cali, Colombia.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Source apportionment of air pollution in an urban area influenced by local industries in Cali, Colombia | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Nathalie Cris Abrahams Chow, Paola Andrea Filigrana Villegas, Fabián Méndez Paz; 2011 |
| Tipo documento: Resumen | Contaminante estudiado: PM _{2.5} |
| Objetivo: Evaluar el impacto de un área industrial en la calidad del aire y la salud de estudiantes ubicados en el norte de Cali. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> El mayor componente del PM_{2.5} fue la fracción carbonosa, que representan el 53-83% de la masa total. Las emisiones industriales son las más importantes, contribuyendo con el 53,7%, donde se identificó Pb (91,4%) y otros metales pesados, como Ni (47,62%) y Cd (63,82%). Las fuentes móviles y el polvo asociado contribuyen con el 27,7%, identificados por la gran presencia de OC (72,59%), EC (86,83%) y V (51,71%) para fuentes móviles, y Fe (25,68%), Ti (36,22%), Ca (48,43%) y Si (38,91%) para polvo asociado. Las fuentes de origen industrial contribuyen con el 18,6%, no se relacionan con las actividades generadoras de plomo, pero se identificaron por la presencia de Zn (91,49%) y Fe (44,67%). Las actividades industriales en el municipio de Yumbo pueden tener un impacto en la calidad del aire en la zona norte de Cali, lo cual debe conducir a acciones conjuntas para el control de la contaminación. | |

Nota Fuente: Abrahams N, Filigrana PA, & Méndez F. Source apportionment of air pollution in an urban area influenced by local industries. 23rd Annual Conference of the International Society of Environmental Epidemiology: ISEE; 2011.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.111. Abstract of Sources of indoor airborne Cd and Pb in a cohort of pregnant women in Cali, Colombia.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Sources of indoor airborne Cd and Pb in a cohort of pregnant women in Cali, Colombia | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Nathalie Abrahams, Diana Caicedo, Fabián Méndez; 2011 |
| Tipo documento: Resumen | Contaminante estudiado: Cd y Pb |
| Objetivo: Identificar las fuentes de Cd y Pb intramuros. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las prácticas principales se encuentran asociadas con un aumento de la exposición a PM_{2.5} (barrido diario, uso de cortinas para dividir las habitaciones y ventanas abiertas durante el día). Prácticas en las inmediaciones como el reciclaje y la quema de basuras al aire libre se asociaron con la presencia de Pb (max: 0.09, min: 0.04 ug/m³); no se halló Cd en estas mediciones. Muchas de las prácticas encontradas en esta población están relacionadas con la pobreza. | |

Nota Fuente: Abraham N, Caicedo DM, & Mendez F. Sources of indoor airborne Cd and Pb in a cohort of pregnant women in Cali, Colombia. Memorias: 23rd annual conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE); 2011b.

*Adaptado por el autor.

Dentro del campo de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire, se observa una gran cantidad de investigaciones concentradas en las emisiones de la quema de la caña de azúcar, las derivadas de botaderos a cielo abierto y aquellas que provienen de la zona industrial de Yumbo; los resultados más relevantes fueron:

- Para el año 2000, se estimó que un incremento del 10% en la contaminación por material particulado aumenta los casos de enfermedades respiratorias en 7% en la ciudad de Cali (Ortiz, 2000).
- Se estimó la relación concentración respuesta asociada con la quema de caña de azúcar. Un aumento del 1% en la concentración del PM₁₀ máximo diario cinco días atrás, generaría un aumento del 0,25% en el número de consultas por Infección respiratoria aguda (IRA); en los menores de 10 años, un incremento en 1% en la concentración de PM₁₀ máximo diario dos días atrás, generaría un aumento de 0,17% en el número de consultas por IRA y al tratarse de cinco días atrás, el incremento se traduce en 0,11% (Dávalos, 2007).
- En investigación llevada a cabo en el sector industrial de ACOPI Yumbo (UNIVALLE, 2009), se desarrolló un estudio observacional de prevalencia, que incluyó dos componentes relacionados: 1) Caracterización de la exposición a material particulado y a plomo, 2) Evaluación de los efectos sobre la salud respiratoria en población vulnerable. Algunos de los resultados más relevantes fueron:
 - Las concentraciones de PM_{2.5} en una zona previamente establecida como expuesta, al norte de la ciudad de Cali, registraron concentraciones diarias de PM_{2.5} (42,59 µg/m³) que superaron las normas internacionales establecidos por la OMS (25 µg/m³) y la EPA (35 µg/m³). Se encontró un aporte del sector industrial ACOPI-Yumbo a la contaminación en el norte de la ciudad de Cali, representado por la presencia de metales como estaño, arsénico, cadmio y plomo, principalmente. La zona control, ubicada al sur de la ciudad, registró un valor promedio diario de 35,94 µg/m³.
 - En cuanto a la evaluación de biomarcadores de exposición al plomo, en ambos grupos de estudio (zona expuesta y control) se encontraron concentraciones en sangre inferiores al nivel tóxico establecido por el Centro de Control de Enfermedades (CDC) para población escolar (i.e.; < 10 µg/dL). No obstante, las concentraciones en los escolares de la zona expuesta fueron mayores que en los de la zona control, con una alta prevalencia de niveles de plomo en sangre iguales o superiores a 5 µg/dL en los expuestos. Por lo anterior, es posible concluir que aunque las concentraciones observadas no alcanzan los niveles de toxicidad, podría suceder que exposiciones crónicas a concentraciones medias (5 a 10 µg/dL) originen efectos a mediano y largo plazo en la población residente cerca de ACOPI.
 - El componente de salud mostró efectos negativos de los contaminantes del sector de ACOPI – Yumbo sobre la salud de los escolares expuestos. En particular, se evidenció en los escolares expuestos a ACOPI – Yumbo, cuando se comparan con los escolares que residen en un área distante o zona control: 1) una mayor frecuencia de síntomas respiratorios en general, de sibilancias y de síntomas de vías respiratorias superiores o irritativos en comparación con los escolares en la zona control; 2) una mayor prevalencia de alteración obstructiva en la función pulmonar y de disminución en los parámetros de la función pulmonar como el Flujo Espiratorio Forzado 25-75% y en la relación VEF₁/CVF, estos últimos presentes principalmente en los escolares que además

reportaron síntomas bronco-obstructivos; 3) una modificación del efecto entre la exposición a los contaminantes del sector ACOPI – Yumbo y la presencia de síntomas bronco-obstructivos sobre la función pulmonar, con mayores efectos en niños expuestos que además reportaron esos síntomas; 4) un incremento del riesgo en el número de consultas por enfermedades respiratorias asociada con incrementos concurrentes en la concentración de $PM_{2.5}$, en la población residente en el norte de Cali y potencialmente expuesta a los contaminantes del sector de ACOPI.

- La exposición al Botadero de Navarro (BN) en Cali, se asoció a una probabilidad más alta de desarrollar síntomas respiratorios (OR=1,37, IC95%:1,17-1,60) en niños de 1 a 5 años y a mayores costos familiares relacionados con el desarrollo de esos síntomas en niños (diferencia promedio: \$ 24.038,5; IC95%:6.211,0-39.650,4) (Girón, 2009); al mismo tiempo la exposición al BN se asoció con la presencia de uno o más síntomas respiratorios (OR=1,25; IC95%:1,01-1,56) y síntomas respiratorios moderados (OR=1,28; IC95%:0,98-1,66) en adultos mayores de 50 años (Filigrana, 2011a). El 83,4% de la comunidad cercana al BN considera que el BN produce contaminación y la asocia al aire en un 42%. El 48 % calificó como grave y el 29 % como muy grave la contaminación producida por el BN (Valencia, 2011). Al evaluar mujeres embarazadas que residen cerca al BN, se estableció un aumento del riesgo de niveles de plomo $\geq 5 \mu\text{g}/\text{dl}$ para aquellas mujeres que viven a menos de 4 kilómetros del BN (OR:6,2; IC95% 1.7-21.7) y las que viven a menos de 2 cuadras de sitios comerciales de manipulación de baterías (OR: 8,33; IC 95% 1.01-82,8), también se encontró un aumento del riesgo por niveles de cadmio $>0.4 \mu\text{g}/\text{dl}$ entre las mujeres que viven a menos de 4 km del BN, pero fue no significativo (OR: 2,1; IC95% 0,63-7.5) (Caicedo, 2011).
- Se encontró una asociación positiva entre la exposición y los síntomas respiratorios como goteo nasal (OR: 3,01, IC95%: 1,46-6,22), prurito nasal (OR:3,59; IC95%: 1,75-7,36), falta de aliento con el ejercicio (OR:1,47, IC 95%: 0,44-4,89) y sibilancias (OR: 1,64, IC95%: 0.79-3.39) en niños de 6 a 14 años en la zona norte de Cali (Filigrana, 2009).
- Se encontró una posible asociación entre la variación diaria de PM_{10} , O_3 y NO_x y las admisiones por Enfermedad Respiratoria y Enfermedad Cardiovascular en Cali (Filigrana, 2011b).
- En estudio llevado a cabo durante el año 2010, en tres corregimientos y una cabecera municipal pertenecientes a cuatro municipios del Valle geográfico del Río Cauca, se realizó una cuantificación de las quemadas controladas que se practican habitualmente y de los incendios que ocurren usualmente, donde no se documentaron efectos negativos significativos en la calidad de aire evaluada por PM_{10} y en la salud respiratoria de la cohorte evaluada globalmente, atribuibles a las quemadas de caña de azúcar. En general se concluyó que en todas las zonas de estudio, hubo contribución de material geológico y actividad agrícola (lo cual se sustenta en el análisis de metales) a la concentración de PM_{10} . La gran mayoría de las mediciones de la concentración de PM_{10} durante el periodo de seguimiento se encontraron por debajo de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y prácticamente todas por debajo del límite superior

diario permitido en el país de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ULS - Fundación Neumológica de Colombia, 2012).

Un resumen para cada una de las investigaciones mencionadas se muestra a continuación:

Tabla 4.112. Resumen investigación Contaminación atmosférica y salud: estimación de una función dosis-respuesta para Cali.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Contaminación atmosférica y salud: estimación de una función dosis-respuesta para Cali. | |
| Lugar: Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Ortiz Quevedo Carlos H.; Escobar Martínez Jaime; García Muñoz Diego; 2000. |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: Material Particulado |
| Objetivo: Estimación el impacto de la contaminación atmosférica en la salud, utilizando la función dosis-respuesta que determina el impacto de la contaminación atmosférica en Cali sobre un conjunto de enfermedades respiratorias relacionadas. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La relación entre contaminación por material particulado y morbilidad respiratoria en la ciudad de Cali parece ser positiva y robusta incluso cuando se controla el efecto de la contaminación Automotor. Un incremento del 10% en la contaminación por material particulado aumenta los casos de enfermedades respiratorias en 7%. • El costo del tratamiento de la morbilidad inducida por la contaminación industrial con material particulado no representa ni el 1% de las ganancias de la industria manufacturera ubicada en la zona metropolitana Cali-Yumbo. | |

Nota Fuente: Ortiz CH, Escobar J, & García D. Contaminación atmosférica y salud: estimación de una función dosis-respuesta para Cali. Centro de investigación y documentación socioeconómica; 2000.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.113. Resumen del artículo La caña de azúcar: ¿una amarga externalidad?.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: La caña de azúcar: ¿una amarga externalidad? | |
| Lugar: Palmira, Valle del Cauca | Autor/año: Dávalos Álvarez Eleonora; 2007 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: PM_{10} |
| Objetivo: Establecer si la quema de la caña de azúcar tiene relación con la concentración de partículas menores a diez micras (PM_{10}) seguida de una función concentración-respuesta para establecer si las variaciones en la concentración de PM_{10} afectan la morbilidad. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La concentración de PM_{10} máximo diario sobrepasó el máximo diario permitido por la EPA ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en diez ocasiones a lo largo de 119 días, alcanzando niveles de $235,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$. • La mayor cantidad de PM_{10} emitido en el municipio de Palmira procede de la quema de la caña de azúcar, aportando cerca de la mitad del total de PM_{10} diario, mientras que el sector industrial aporta en promedio 24% y las fuentes móviles cerca del 26%. • Un aumento del 1% en la concentración del PM_{10} máximo diario cinco días atrás, generaría un aumento del 0,25% en el número de consultas por IRA. • En niños menores de 10 años, un incremento en 1% en la concentración de PM_{10} máximo diario dos días atrás, generaría un aumento de 0,17% en el número de consultas por IRA y al tratarse de cinco días atrás, el incremento se traduce en 0,11%. • Los adultos mayores se ven afectados por incrementos en la concentración de PM_{10} e incrementos en la temperatura. | |
| Observaciones: La relación entre la quema de la caña de azúcar y la concentración de PM_{10} se estimó por medio de un modelo de mínimos cuadrados ordinarios, mientras que en la relación entre las variaciones en la concentración del PM_{10} y la morbilidad se empleó un modelo Poisson. | |

Nota Fuente: Dávalos-E. La caña de azúcar: ¿una amarga externalidad?. Desarrollo y sociedad; 2007; 59:117-164.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.114. Resumen de la investigación Evaluación de los efectos sobre la salud debido a la contaminación del aire proveniente del sector industrial de ACOPI – Yumbo. Proyecto piloto en el municipio de Cali.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Evaluación de los efectos sobre la salud debido a la contaminación del aire proveniente del sector industrial de ACOPI – Yumbo. Proyecto piloto en el municipio de Cali. | |
| Lugar: Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Universidad del Valle, 2009 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM _{2.5} |
| Objetivo: Evaluar los efectos sobre la salud debidos a la contaminación del aire proveniente del sector industrial de ACOPI – Yumbo. | |
| <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las concentraciones diarias de PM_{2.5} que oscilaron entre 7,85 a 77,99 µg/m³, excedieron en algunas ocasiones el valor diario máximo permisible establecido por la OMS (25 µg/m³) y la EPA (35 µg/m³). La presencia de elementos como Plomo, Cadmio, Arsénico, Hierro y Cobre indican la contribución de fuentes de origen antropogénico. Estos metales son emisiones comunes en las fundidoras y dado que las concentraciones fueron en el PM_{2.5}, podríamos esperar mayores concentraciones de estos metales en el aire (PM₁₀, TSP). La presencia de Pb en el aire es una evidencia del aporte de la industria de ACOPI – Yumbo a la contaminación del aire, dado que no se observan otras fuentes posibles de este contaminante. En la aplicación del modelo PMF usando las especies químicas obtenidas en el estudio, se pudieron identificar 3 fuentes de material particulado en la zona expuesta del estudio. Los resultados muestran que la mayor contribución está dada por los aerosoles secundarios con un 46% de aporte al PM_{2.5} de la zona, seguido por el aporte de la industria con un 43% y finalmente el polvo resuspendido con un 11%. Se encontró un aporte importante del sector de ACOPI al PM_{2.5} en la zona de estudio, un gran porcentaje del material particulado (43%) es aportado por los procesos derivados de la producción de baterías y la fundición de metales, la presencia de metales pesados como plomo, cadmio, estaño y arsénico confirma esta hipótesis. Se encontraron niveles de plomo en sangre en los escolares de ambas zonas inferiores a los 10 µg/dL. Sin embargo, la concentración promedio para los escolares de la zona expuesta fue mayor que la de los escolares de la zona control (4,7±1,6 µg/dl vs. 2,9±1,2 µg/dl; p:0,00). Adicionalmente, las concentraciones máximas de plomo en sangre alcanzadas por los escolares de la zonas de estudio fueron de 9,9 µg/dl para la expuesta y de 6,6 µg/dl para la control. En este estudio, entre los escolares de la zona expuesta, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de plomo en sangre en los niños de 6 a 9 años y de 10 a 14 años (5,0 µg/dl vs. 4,4 µg/dl, p: 0.01), entre los hombres y las mujeres (5,2 µg/dl vs. 4,1 µg/dl, p:0,00) y entre los niños de estratos 3 y 4 con los de estratos 1 y 2 (4,1 µg/dl vs. 5,2 µg/dl, p: 0,00). Al evaluar la relación entre la residencia en la zona expuesta a la contaminación proveniente del sector de ACOPI – Yumbo y las concentraciones de plomo en sangre, se encontró una mayor prevalencia de niveles de plomo en sangre ≥ 5 µg/dL en la zona expuesta en comparación con la control (44,2% vs. 8,2%, p:0,00). En este estudio, se encontró que los escolares expuestos a la contaminación atmosférica proveniente del sector industrial de ACOPI – Yumbo presentaron una mayor frecuencia de síntomas respiratorios en general, de sibilancias y de síntomas de vías respiratorias superiores o irritativos (i.e.; rinorrea, prurito nasal, dolor de garganta y cuadros gripales), en comparación con los escolares en la zona control. En ambas zonas del estudio se encontró una alta prevalencia de síntomas respiratorios, no obstante los escolares de la zona expuesta tuvieron un 64% de mayor probabilidad de ocurrencia de estos síntomas que los escolares de la zona control (OR: 1,64; IC95%: 0,99; 2,72). Adicionalmente, la prevalencia de síntomas de vías respiratorias superiores (SVAS) fue casi el doble en la zona expuesta que en la control (OR: 1,99; IC95%:1,24; 3,18). Los escolares de la zona expuesta presentaron además casi un 30% de mayor probabilidad de ocurrencia de síntomas bronco-obstructivos, aunque esta diferencia no logró alcanzar la significancia estadística (OR: 1,27; IC95%: 0,86; 1,88). Sin embargo, entre los escolares de 10 a 14 años expuestos a la contaminación del sector de ACOPI – Yumbo esta asociación se acentuó y se encontró un 50% de mayor probabilidad de ocurrencia de estos síntomas que en la zona control (OR: 1,53; IC95%: 0,93; 2,54). Se encontró que la exposición pasiva a humo de cigarrillo, por tabaquismo de la madre o del cuidador del escolar tuvo una asociación positiva con la ocurrencia de síntomas bronco-obstructivos, sibilancias en los | |

últimos 12 meses y síntomas de vías aéreas superiores. Así, los escolares de madres fumadoras tuvieron 1,58 y 2,22 veces mayor probabilidad de síntomas bronco-obstructivos y sibilancias que los escolares hijos de madres no fumadoras, respectivamente. Adicionalmente, los escolares con cuidadores fumadores tuvieron 2,77 veces mayor probabilidad de síntomas de vías aéreas superiores en comparación con escolares no expuestos a humo de cigarrillo.

- Respecto a la presencia de humedad en la vivienda, en este estudio se encontró una probabilidad 72% mayor de presentar síntomas de vías aéreas superiores en escolares que viven en viviendas con presencia de humedad en las paredes o en el techo.
- La presencia de animales en la vivienda (i.e.; perros o gatos, aves y cucarachas) se asoció a la ocurrencia de síntomas respiratorios. En particular, los escolares que residen en viviendas con presencia de cucarachas tienen 78% y 65% mayor probabilidad de tener síntomas bronco-obstructivos o sólo sibilancias en los últimos 12 meses, respectivamente, que los escolares que no reportaron cucarachas en su vivienda. Mientras, que los escolares que residen en viviendas con gatos o perros o aves tienen 76% y 56% mayor probabilidad de síntomas de vías aéreas superiores y de uno o más síntomas respiratorios, respectivamente, en comparación con los escolares que no tienen estos animales.
- En este estudio se encontró una prevalencia global de alteración obstructiva en la función pulmonar de 7.6% (36/473) para las 2 zonas de estudio. Los escolares de la zona expuesta presentaron una prevalencia mayor de este patrón de la función pulmonar de 9.7% (24/248) que los escolares de la zona control de 5.3% (12/225), esta diferencia fue estadísticamente significativa. Se encontró un mayor efecto sobre la función pulmonar por la exposición a los contaminantes provenientes del sector de ACOPI – Yumbo en los escolares que además presentaron síntomas bronco-obstructivos en los 6 meses previos a la inclusión en el estudio. Así, después de ajustar por edad, sexo, talla, peso y raza, se encontró que los escolares expuestos a ACOPI y que reportaron la presencia de síntomas bronco-obstructivos tuvieron una reducción estadísticamente significativa en la relación VEF1 (Volumen Espiratorio Forzado)/CVF (Capacidad Vital Forzada) y en el valor predicho del Flujo Espiratorio Forzado entre el 25 y 75% de la espiración forzada (FEF25-75%). El efecto observado sobre el VEF1 fue pequeño pero estadísticamente significativo y se encontró sólo en el grupo de escolares de 10 a 14 años con síntomas bronco-obstructivos.
- Los escolares expuestos a ACOPI y que reportaron síntomas bronco-obstructivos tuvieron en promedio una reducción de 2,42% (IC95%: -4,29; -0,55) y del 9.45% (-16,95; -1,96) en el porcentaje de la relación VEF1/CVF y en el porcentaje del valor predicho del FEF25-75, respectivamente, en comparación con los escolares de la zona control, estas diferencias fueron estadísticamente significativas. Entre los escolares de 10 a 14 años expuestos al sector de ACOPI – Yumbo y que reportaron síntomas bronco-obstructivos tuvieron en promedio 0.04 (IC95%: -0,08; 0,00) LPM menos VEF1 que los escolares del mismo grupo de edad pero de la zona control. En contraste, no se encontró efecto sobre el VEF1 entre los escolares de 6 a 9 años de edad que reportaron o no reportaron síntomas bronco-obstructivos. Respecto al FEF25-75%, se encontró un efecto negativo de la exposición al sector de ACOPI independiente de la presencia de síntomas bronco-obstructivos. Así, los escolares expuestos a ACOPI tuvieron en promedio una reducción de 3,75% de su valor predicho del FEF25-75% en comparación con los escolares de la zona control (IC95%: -8,2; 0.50; p=0,08), independiente de la edad, sexo, talla, peso, raza y de los síntomas bronco-obstructivos.
- En este estudio, se encontró una relación entre el incremento en las concentraciones diarias de PM_{2.5} y el incremento concurrente en el número de consultas por enfermedades respiratorias ocurridas en el mismo día para los niños < de 10 años y los adultos > 60 años. Específicamente, por cada incremento en 10 µg/m³ de PM_{2.5}, el riesgo de consultas por enfermedades respiratorias ocurridas el mismo día se incrementa en un 13% (RR: 1,13; IC95%: 1,09; 1,18) para los niños < 10 años y para los adultos > 60 años (RR: 1,13; IC95%: 1,03; 1,20). Adicionalmente, por cada incremento en 20 µg/m³ de PM_{2.5}, el riesgo de consultas se incrementa en un 28% (RR: 1,27; IC95%: 1,16; 1,39) y 24% (RR: 1,24; IC95%: 1,08; 1,44) para niños y adultos mayores, respectivamente.

Nota Fuente: [UNIVALLE] Universidad del Valle. Evaluación de los efectos sobre la salud debido a la contaminación del aire proveniente del sector industrial de ACOPI – Yumbo. Proyecto piloto en el municipio de Cali. Investigación. Cali: UNIVALLE;2009.
*Adaptado por el autor.

Tabla 4.115. Resumen artículo Impacto de un botadero a cielo abierto en el desarrollo de síntomas respiratorios y en costos familiares de atención en salud de niños entre 1 y 5 años en Cali, Colombia.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Impacto de un botadero a cielo abierto en el desarrollo de síntomas respiratorios y en costos familiares de atención en salud de niños entre 1 y 5 años en Cali, Colombia | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Sandra Lorena Girón, Julio César Mateus, Fabián Méndez; 2009 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Metano, PM ₁₀ y COV |
| Objetivo: Determinar los efectos del botadero municipal a cielo abierto en Cali, conocido como el botadero de Navarro, en el desarrollo de síntomas respiratorios en niños entre 1 y 5 años de edad y en los costos familiares relacionados con la atención de estos síntomas. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La exposición al botadero se asoció a una probabilidad más alta de desarrollar síntomas respiratorios (OR=1,37, IC95% 1,17-1,60) y a mayores costos familiares relacionados con el desarrollo de esos síntomas en niños (diferencia promedio: \$ 24.038,5; IC95% 6.211,0-39.650,4). • La exposición al botadero tiene efectos negativos sobre la salud respiratoria infantil y sobre los costos familiares relacionados con la atención de los síntomas. | |

Nota Fuente: Girón SL, Mateus JC, & Méndez F. Impacto de un botadero a cielo abierto en el desarrollo de síntomas respiratorios y en costos familiares de atención en salud de niños entre 1 y 5 años en Cali, Colombia. Biomédica;2009;29:392-402.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.116. Resumen de los efectos respiratorios en escolares expuestos a material particulado (PM) de fuentes industriales. Respiratory Effects in Schoolchildren Exposed to Industrial Sources of Particulate Material (PM).

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Respiratory Effects in Schoolchildren Exposed to Industrial Sources of Particulate Material (PM) | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Filigrana, Paola; Luna, Mónica; Méndez, Fabián; 2009 |
| Tipo documento: Resumen | Contaminante estudiado: PM _{2.5} |
| Objetivo: Evaluar los efectos de los contaminantes del aire provenientes de fuentes industriales en la salud respiratoria de niños en edad escolar (6-14 años de edad), en el norte de Cali. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Los niveles máximos de PM_{2.5} durante el seguimiento se presentaron en la zona expuesta, con un máximo de 69,95 µg/m³. Las concentraciones medias de PM_{2.5} fueron más altas en el área expuesta cuando se compararon con el área de control (43,5 µg/m³ vs 30,4 µg/m³). • Se encontró una mayor prevalencia de la secreción nasal, picor nasal, frío, falta de aliento con el ejercicio y sibilancias en niños de la zona expuesta. Una asociación positiva entre la exposición y los síntomas respiratorios como goteo nasal (OR: 3,01, IC del 95%: 1,46 a 6,22), prurito nasal (OR: 3,59; IC del 95%: 1,75-7,36), falta de aliento con el ejercicio (OR: 1,47, IC del 95%: 0,44 a 4,89) y sibilancias (OR: 1,64, IC 95% 0.79-3.39). Consistentemente, se encontró evidencia objetiva de los efectos de la función pulmonar en los niños. • Los residentes de la zona nortea urbana de Cali, expuestos a los contaminantes de una zona industrial, exhiben un riesgo más elevado de presentar síntomas bronco-obstructivo y en la vía aérea superior. | |

Nota Fuente: Filigrana P, Luna M, & Méndez F. Respiratory Effects in Schoolchildren Exposed to Industrial Sources of Particulate Material (PM). Abstracts: 21st Annual conference of the International Society of Environmental Epidemiology. Dublin, Ireland: ISEE;2009;20:S192-S193.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.117. Resumen del artículo Impacto de un sitio de disposición final de residuos sólidos en la salud respiratoria de los adultos mayores.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Impacto de un sitio de disposición final de residuos sólidos en la salud respiratoria de los adultos mayores | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Paola Andrea Filigrana, Olga Lucía Gómez, Fabián Méndez; 2011 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: |
| Objetivo: Evaluar el impacto de un sitio de disposición final de residuos sólidos sobre la salud respiratoria de adultos mayores de 50 años, residentes en su área de influencia. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Después de ajustar por edad, sexo, escolaridad, humedad, afiliación a salud, enfermedades concomitantes, tabaquismo y exposición ocupacional previa, la exposición al Botadero de Navarro se asoció con la presencia de uno o más síntomas respiratorios (OR=1,25; IC95%: 1,01-1,56), síntomas respiratorios moderados (OR=1,28; IC95%: 0,98-1,66), pero no se encontró asociación con síntomas respiratorios graves (OR= 1,16; IC95%: 0,89-1,50). Se evidenció una mayor recurrencia de síntomas en los adultos de la zona expuesta (coeficiente de correlación=0,29, IC95%: 0,23-0,33, p=0,000). En los adultos expuestos al Botadero de Navarro, se encontró en la función pulmonar una reducción significativa del flujo espiratorio pico (-15,19 L/minuto; IC95%: -30,16-0,22). Independientemente de los potenciales factores de confusión, la salud respiratoria de los adultos mayores de 50 años expuestos al Botadero de Navarro está afectada con una mayor presencia y cronicidad de síntomas respiratorios moderados y una disminución de la función pulmonar. | |

Nota Fuente: Filigrana P, Gómez OL, & Méndez F. Impacto de un sitio de disposición final de residuos sólidos en la salud respiratoria de los adultos mayores. Biomédica;2011a;31:322-34.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.118. Resumen artículo, exposición a plomo y cadmio en una cohorte de mujeres gestantes en Cali – Colombia: Estudio GEMA. Lead and cadmium exposure among a cohort of pregnant women in Cali-Colombia: the GEMA study.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Lead and cadmium exposure among a cohort of pregnant women in Cali-Colombia: the GEMA study | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Diana María Caicedo, Javier Fonseca, Miguel Peña, Cecilia Aguilar, Mildrey Mosquera, Cristina Araujo, Genny Martinez, Nathalie Abrahams, Daniel Cuartas, Fabián Méndez. 2011 |
| Tipo documento: Resumen | Contaminante estudiado: Pb y Cd |
| Objetivo: Caracterizar comportamientos de alto riesgo de exposición y su relación con el cadmio en sangre y los niveles de plomo, en mujeres embarazadas de la zona urbana de Cali. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las medianas de cadmio y plomo fueron 0.115 µg/dl (<0,014-4.26) y 1.013 µg/dl (<0,002-16.18), respectivamente. Entre las mujeres embarazadas, el 32,9% tenían niveles de Cd ≥ 0.4 µg/dl y 4,15% tenían niveles de Pb ≥ 5 µg/dl. Sólo 7 (1,8%) de las mujeres embarazadas mostraron altos niveles de plomo, pero 129 (33,4%) tenían al menos una concentración de metales en sangre por encima de los niveles recomendados. Se evaluaron varias prácticas y fuentes de exposición, estableciendo un aumento del riesgo de niveles de plomo ≥ 5 µg/dl para aquellas mujeres que viven < 4 kilómetros del Botadero de Navarro (OR: 6,2; IC95% 1.7-21.7) y las que viven a < 2 cuadras de sitios de comerciales de manipulación de baterías (OR: 8,33; IC 95% 1.01-82,8). Un aumento del riesgo por niveles de cadmio > 0.4 µg/dl se observó entre las mujeres que viven < 4 km del Botadero, pero fue no significativo (OR: 2,1; IC95% 0,63-7,5). Un tercio de estas mujeres embarazadas están expuestas a altos niveles de metales pesados en la sangre. | |

Nota Fuente: Caicedo DM, Fonseca J, Pena M, et al. Lead and cadmium exposure among a cohort of pregnant women in Cali-Colombia: the GEMA study. Memories: 23rd annual conference of the International Society of Environmental Epidemiology. Spain: ISEE; 2011.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.119. Resumen de artículo Percepción del riesgo por emisiones atmosféricas provenientes de la disposición final de residuos sólidos.

| | |
|---|---|
| Nombre documento: Percepción del riesgo por emisiones atmosféricas provenientes de la disposición final de residuos sólidos | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Valencia Jesús A.; Espinosa Adriana; Parra Adela; Peña Miguel R; 2011 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Contaminantes del aire en general |
| Objetivo: Identificar los factores sociales que determinan la percepción del riesgo en la población que se encuentra expuesta a las emisiones atmosféricas de un sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Santiago de Cali en Colombia denominado Basuro de Navarro (BN). | |
| Resultados: Para el 50 % de los encuestados el principal problema es la contaminación del aire. Para los encuestados la contaminación se manifiesta con dolor en la garganta y ardor en los ojos. El 64 % con mayor tiempo de residencia en el sector considera que la contaminación está concentrada en otros sitios de la ciudad y se encuentra por fuera de su sector. El 83,4 % considera que el BN produce contaminación y la asocia al aire en un 42 %. El 48 % calificó como grave y el 29 % como muy grave la contaminación producida por el BN. Se asocia la percepción del riesgo al tiempo de residencia en el sector y la edad de las personas. | |
| Observaciones: Estudio cuantitativo con aplicación de una encuesta a una muestra estratificada de 199 personas con asignación proporcional según nivel socio-económico. | |

Nota Fuente: Valencia JA, Espinosa A, Parra A, & Peña M. Percepción del riesgo por emisiones atmosféricas provenientes de la disposición final de residuos sólidos. Revista de salud pública; 2011; 13:930-941.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.120. Abstract of Association between particulate matter (PM), O₃ and NO_x and emergency room (ER) visits and hospital admission for respiratory and cardiovascular diseases in Cali-Colombia.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Association between particulate matter (PM), O ₃ and NO _x and emergency room (ER) visits and hospital admission for respiratory and cardiovascular diseases in Cali-Colombia. | |
| Lugar: Santiago de Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Paola Filigrana, Liliانا Jiménez, Nathalie Abrahams, Daniel Cuartas, Fabián Méndez; 2011 |
| Tipo documento: Resumen | Contaminante estudiado: PM, O ₃ y NO _x |
| Objetivo: Evaluar la asociación entre las variaciones a cortoplazo de PM ₁₀ , O ₃ , NO _x y las visitas a urgencias, ingresos hospitalarios y la mortalidad por enfermedad respiratoria (ER) y cardiovascular (ECV) en Cali-Colombia. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 29,1 µg/m³ (4,9-55,9), NO_x, 0,02 ppm (0,001 a 0,05), y el máximo promedio 8-h de O₃ fue 0,02 ppm (0,008 a 0,05). • Se observó una media diaria de 12 admisiones por ECV y 132,8 admisiones ER. La máxima admisión para ECV y ER, por día fue de 28 y 246, respectivamente. Las ECV representaron aproximadamente el 6% del total de las admisiones por ER y ECV, mientras que las admisiones por ER representaron más del 90% de las ER y ECV. • Después de controlar por potenciales factores de confusión, se encontró una posible asociación entre la variación diaria de PM₁₀, O₃ y NO_x y las admisiones por ER y ECV. • A pesar de no mostrar altos niveles de contaminación en el aire, los resultados sugieren una asociación entre las variaciones diarias en la concentración de los contaminantes del aire y la salud respiratoria y cardiovascular, principalmente por el aumento en las admisiones en hospitalización y urgencias. | |

Nota Fuente: Filigrana P, Jiménez L, Abrahams NC, et al. Association between particulate matter (PM), O₃ and NO_x and emergency room (ER) visits and hospital. Memorias: 23rd annual conference of the International Society of Environmental Epidemiology. Spain: ISEE;2011b.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.121. Resumen de la investigación Efectos de la quema de Caña de Azúcar sobre la salud respiratoria de la población del valle geográfico del Rio Cauca.

| | |
|--|--|
| Nombre documento: Efectos de la quema de Caña de Azúcar sobre la salud respiratoria de la población del valle geográfico del Rio Cauca | |
| Lugar: Cali, Valle del Cauca | Autor/año: Universidad de la Salle – Fundación Neumológica de Colombia, 2012. |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar las condiciones y grado de exposición de una cohorte de población vulnerable, definida como niños de 8 años o menos y adultos de 60 años o más, en tres corregimientos y una cabecera municipal, pertenecientes a cuatro municipios distintos del Valle geográfico del Rio Cauca, frente a las emisiones generadas por las quemadas controladas para cosecha de caña de azúcar y por los incendios. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • No se documentaron efectos negativos significativos sobre la calidad de aire, ni sobre la salud respiratoria de la cohorte evaluada atribuibles a las quemadas de caña de azúcar. • Al evaluar la asociación entre la calidad de aire, usando la concentración de PM₁₀ como indicador, y las quemadas de caña de azúcar, cuantificadas por el número de hectáreas quemadas (quemadas controladas e incendios), agrupando los tres corregimientos y la cabecera municipal evaluados, no se encontró una correlación significativa entre la extensión del área de caña de azúcar quemada y la concentración de PM₁₀, lo cual significa que las variaciones de esta fueron explicadas principalmente por otros factores diferentes a las quemadas (otras fuentes de emisión). • No se encontró correlación significativa entre la calidad del aire, evaluada por la cuantificación de pavesas y compuestos químicos (óxido de hierro [Fe₂O₃], pentóxido de fósforo [P₂O₅], potasio [K y K₂O], cloro [cloruros] y óxido de calcio [CaO]), y las quemadas de caña de azúcar, aunque debe mencionarse que hubo correlaciones débiles (análisis bivariado) con las concentraciones de Fe, Mn y Si en el municipio de Palmira, de Na, Cu y P en el municipio de Bolívar y de Cd en el municipio de Guachene. • Los modelos de receptor, el factor de enriquecimiento y el inventario de fuentes de emisión sustentaron que no existió una única fuente contribuyente a la concentración de PM₁₀ y que, además las fuentes agrícolas, las fuentes de área (vías sin pavimentar) también contribuyeron. En el caso del municipio de Bolívar se encontró una posible influencia de fuentes geológicas y agrícolas; en Guacarí, el mayor aporte fue realizado por fuentes agrícolas y fijas y el menor aporte de metales fue generado por fuentes geológicas; en Palmira, los aportes de metales fueron posiblemente dados por actividades geológicas y agrícolas y en una menor proporción por fuentes fijas; finalmente, en Guachene los aportes fueron de origen fuentes agrícolas, geológicas y fijas. • La gran mayoría de las mediciones de la concentración de PM₁₀ durante el periodo de seguimiento se encontraron por debajo de 50 µg/m³ y prácticamente todas por debajo del límite superior diario permitido en el país de 100 µg/m³. Las concentraciones más altas de PM₁₀ se hallaron en el municipio de Guachene y el corregimiento de Crucero de Guali donde se presentaron las únicas mediciones que superaron el nivel permitido (cuatro en la cabecera municipal de Guachene y una en el Crucero de Guali). • Al evaluar la asociación entre la calidad del aire, usando la concentración de PM₁₀ como indicador, y la salud respiratoria de los tres corregimientos y la cabecera municipal agrupados, se encontró que para una concentración de PM₁₀ mayor de 25 µg/m³, después ajustar por diversas variables de interés, se asoció con un mayor riesgo de flemas en los niños el quinto día de rezago, tos en los adultos el tercer día de rezago y consultas por tos en adultos el mismo día. Dado que, como se anotó, no se encontró correlación entre la concentración de PM₁₀ y la extensión del área de caña de azúcar quemada (quemadas e incendios), puede inferirse que el mayor riesgo de síntomas y consultas descrito no puede atribuirse a las quemadas de caña de azúcar. | |

- Se encontró que los niños expuestos a carreteras sin pavimentar cercanas al lugar de residencia tienen mayor riesgo de consultar por tos que los no expuestos y que en los niños expuestos a tráfico pesado cercano a sus viviendas la función pulmonar, evaluada por el VEF1, que debe aumentar normalmente con el crecimiento propio de la edad, aumento menos que en los niños no expuestos.
- El mayor riesgo de flemas en los niños el quinto día de rezago, tos en los adultos el tercer día de rezago y consultas por tos en adultos el mismo día en relación con una concentración de PM_{10} mayor de $\mu g/m^3$, fue significativamente menor que el causado por tener una edad inferior a 4 años o exponerse a humo de leña para cocinar en el caso de los niños o el causado por tener más de 70 años en el caso de los adultos.
- Adicionalmente, en el estudio no se encontró un efecto negativo sobre la función pulmonar a corto plazo (10 meses en promedio). En los niños, el VEF1 y el FEP aumentaron significativamente en relación con el crecimiento como es esperado. En los adultos hubo una disminución clínica y estadísticamente no significativa del VEF1 que puede considerarse esperable en adultos mayores de 60 años. Este comportamiento normal o esperable en las mediciones inicial y final indica que no hubo efectos negativos de las quemaduras (e incendios) de la caña de azúcar sobre la función pulmonar.
- En el subgrupo de la cohorte de Bolo San Isidro, se encontró que los niños, además de los factores descritos para la cohorte global (edad menor de cuatro años y exposición intradomiciliaria al humo de la leña), y después de ajustar por las concentraciones de PM_{10} , tuvieron un mayor riesgo de tos el tercer y el cuarto día de rezago y de flemas el primer día en relación con incrementos en el área quemada. Es de anotar que este riesgo es menor al relacionado con la edad (tener menos de 4 años) o con la exposición al humo de la leña y que, a pesar del efecto negativo sobre los síntomas, no se encontró un efecto negativo persistente por cuanto no se alteró la función pulmonar en estos niños.

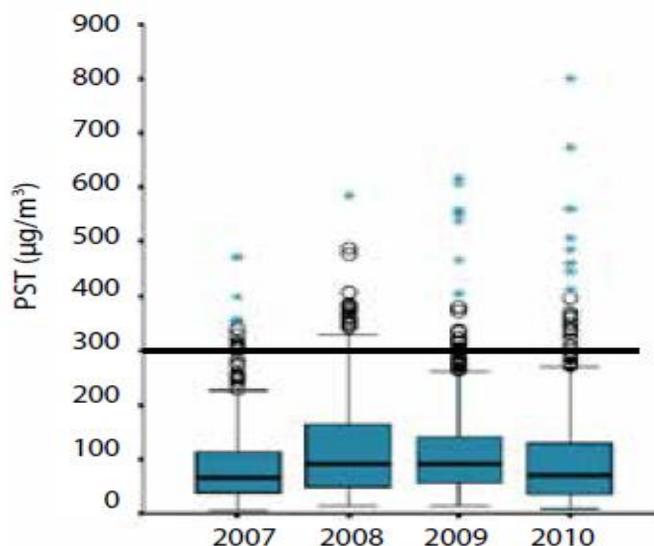
Nota Fuente: Universidad de la Salle/ Fundación Neumológica de Colombia. Efectos de la quema de Caña de Azúcar sobre la salud respiratoria de la población del valle geográfico del Río Cauca. Investigación. Cali: Universidad de la Salle/ Fundación Neumológica de Colombia;2012.

*Adaptado por el autor.

4.5.1.7. Zona Minera: Cesar

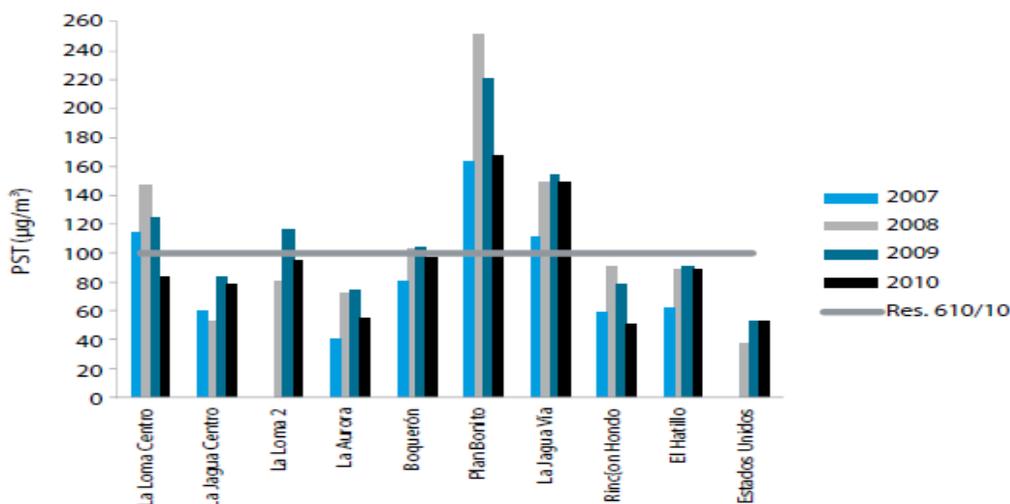
Para esta zona, CORPOCESAR cuenta con el Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Zona Carbonífera del Cesar. Para el periodo de 2007-2010 las medianas 24 horas de PST se mantuvieron por debajo de $100 \mu g/m^3$, sin embargo se presentaron valores que excedieron la norma diaria ($300 \mu g/m^3$), con concentraciones que llegaron a $800 \mu g/m^3$ en el año 2010. En cuanto a los promedios anuales las estaciones La Loma, Centro, La Loma 2, Boquerón, Jagua vía y Plan Bonito sobrepasaron el límite permisible establecido por la norma nacional ($100 \mu g/m^3$) (Figuras 4.41 y 4.42) (IDEAM, 2012).

Figura4.41. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Figura4.42. Concentración promedio anual de PST en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR

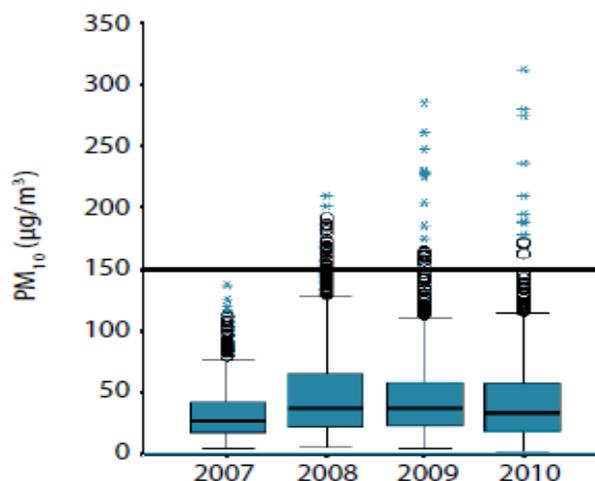


Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Para el promedio diario de PM₁₀, las medianas se mantuvieron por debajo de 37,6 µg/m³, sin embargo a través del tiempo las excedencias a la norma 24 horas (100 µg/m³) aumentaron considerablemente llegando en el 2010 a valores de 312,5 µg/m³. En cuanto a la norma anual, se observa que las estaciones Plan Bonito y Jagua Vía, superaron la norma anual alcanzando

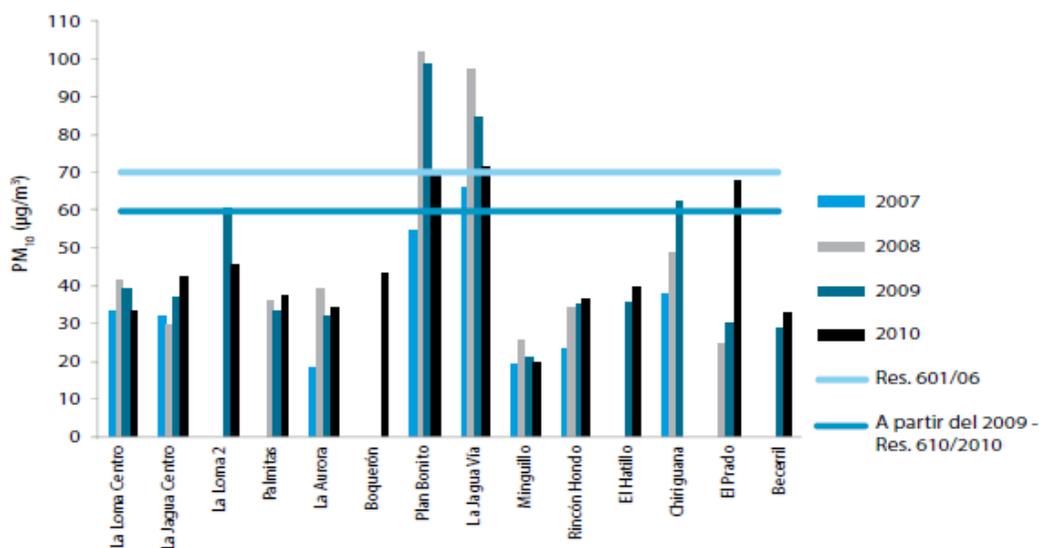
concentraciones por encima de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los años 2008 a 2010. A pesar de ello la mayoría de las estaciones se mantuvieron entre 20 y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 4.43 y 4.44) (IDEAM, 2012).

Figura 4.43. Concentración promedio de PM_{10} (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Figura 4.44. Concentración promedio anual de PM_{10} en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR



Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.

Para el año 2011 CORPOCESAR estableció lo siguiente (CORPOCESAR, 2012):

Comportamiento PST y PM₁₀ estaciones de fondo

- La mayoría de las estaciones de fondo registraron las máximas concentraciones tanto de PST como de PM₁₀ durante el primer trimestre del año.
- Las concentraciones promedio mensuales más altas de PST se registraron en las estaciones La Loma Centro, La Jagua Centro, La Loma 2 y El Hatillo. Así mismo, las medias móviles de estas estaciones mostraron una tendencia creciente. Las estaciones La Aurora, Rincón Hondo y Estados Unidos presentaron medias móviles estables.
- Los promedios anuales de concentración de PST durante el 2011 aumentaron con respecto al año 2010. Los mayores incrementos se registraron en las estaciones La Loma Centro, El Hatillo y La Loma 2.
- Se registra un buen comportamiento para el PM₁₀, las estaciones registran promedios anuales inferiores al límite normativo y disminuciones significativas en Las Palmitas, Rincón Hondo y La Loma 2.

Comportamiento PST y PM₁₀ estaciones de efecto tráfico

- Las estaciones de efecto de tráfico, al igual que las estaciones de fondo, presentaron sus máximas concentraciones durante el primer trimestre del año.
- Las estaciones Boquerón y La Jagua Vía presentan medias móviles del contaminante criterio PST con un comportamiento estable, mientras que para Plan Bonito se observa una tendencia creciente. Además las estaciones La Jagua Vía y Plan Bonito se mantienen por encima de los límites permisibles (>100 µg/m³).
- Los promedios anuales de concentración de PST para las estaciones Boquerón y La Jagua Vía permanecieron estables con respecto al 2010, mientras que la estación Plan Bonito aumentó 20 µg/m³ la concentración promedio anual registrada para 2011.
- Se observa un comportamiento estable de las estaciones Boquerón y La Jagua Vía y una tendencia decreciente de la estación Plan Bonito en cuanto al contaminante PM₁₀. De la misma forma, la comparación de los promedios anuales de concentración PM₁₀ evidencia disminuciones en las concentraciones de las estaciones de efecto de tráfico, siendo la más significativa la de la estación Plan Bonito con una disminución en el promedio anual de 10.68 µg/m³.

Durante el año 2012 la Universidad Nacional de Colombia (Hernández LJ, 2012) realizó un estudio para determinar la prevalencia de enfermedad respiratoria en niños menores de 10 años que residen en los municipios de Chiriguaná, El Paso, La Jagua de Ibirico, Becerril, Agustín Codazzi y Bosconia, municipios pertenecientes al triangulo minero del Cesar; se identificaron factores ambientales intra y extramuros que se relacionan con las enfermedades respiratorias, además de las condiciones socioeconómicas asociadas a estas comunidades que los hacen más vulnerables a los efectos de la contaminación del aire. Algunos de los hallazgos más importantes se citan a continuación:

- Entre los niños que se exponen al humo de cigarrillo de segunda mano, comparados con los que habitan en casas donde no se identificó este factor de riesgo, se encontró una mayor frecuencia de sibilancias en el último año OR:1.37 (IC95%; 1,06-1.76), tos seca nocturna OR:1.28 (IC95%; 1,01-1.62), y sibilancias nocturnas OR:1.56 (IC95%; 1,16-2.12).
- Entre los niños que habitan en viviendas en las cuales se cocina con leña, comparados con los que habitan en casas en las que se cocina con otro combustible, como gas o electricidad, se encontró una mayor frecuencia de diagnóstico de bronconeumonía en el último año, OR:1.63 (IC95%; 1,03-2.56), de tos seca nocturna OR:1.34 (IC95%; 1.05-1.71) y sibilancias durante el ejercicio OR:1.45 (IC95%; 1,04-2.04).
- Los niños que viven en casas con piso de tierra reportan con mayor frecuencia dermatitis alérgica, OR:1.66 (IC95%; 1,3-2.13), mientras que el vivir en casas con paredes de bahareque o adobe se asocia con una mayor prevalencia de asma OR: 1.74 (IC95%; 1,04-2.91), y una mayor frecuencia de reporte de sibilancias en el último año OR:1.43 (IC95%; 1,14-1.81), sibilancias con el ejercicio OR:1.44 (IC95%; 1,03-2.01) y tos seca nocturna, OR:1.33 (IC95%; 1,08-1.65) además, los niños que comparten esta condición de vivienda se ausentaron con mayor frecuencia en el último mes OR 1.76 (IC 95%; 1,31-2.36).
- La presencia de vehículos de carga a menos de 100 metros de la vivienda aparece como un importante factor asociado a la enfermedad respiratoria, porque se asocia con una mayor frecuencia de varios de los efectos evaluados:
 - Bronconeumonía OR: 3.32 (IC 95%; 1,04-10.61) p 0,03.
 - Sibilancias en el último año OR: 2.4 (IC 95%; 1,49-3.87), con el ejercicio OR: 5.65 (IC 95%; 2.07-15.4), nocturnas OR: 7.12 (IC 95%; 2.61-19.4).
 - Tos seca nocturna en el último año, OR: 1.47 (IC 95%; 1,04-2.1).
 - Haber recibido más de tres ciclos de antibióticos en el mes OR: 1.84 (IC 95%; 1,08-3.15).
 - Haber consultado a urgencias por disnea en el último año OR: 1.56 (IC 95%; 1,16-2.11).

Información adicional del estudio puede verse a continuación:

Tabla 4.122. Resumen de la investigación Prevalencia de enfermedad respiratoria en niños menores de 10 años residentes en seis municipios mineros del Cesar, Colombia, 2012.

| | |
|---|--|
| Nombre documento: Prevalencia de enfermedad respiratoria en niños menores de 10 años residentes en seis municipios mineros del Cesar, Colombia, 2012 | |
| Lugar: Cesar | Autor/año: Hernández LJ, Universidad Nacional de Colombia; 2012 |
| Tipo documento: Investigación | Contaminante estudiado: PM ₁₀ |
| Objetivo: Determinar la prevalencia de enfermedad respiratoria en niños menores de 10 años residentes en los municipios de Chiriguaná, El Paso, La Jagua de Ibirico, Becerril, Agustín Codazzi y Bosconia. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Fueron evaluados 1.627 niños y niñas. El 95.1 % de los niños y niñas eran de estrato 0 y 1, un 4.5% de estrato 2 y 0.4% de estrato tres. | |

- El 33.3 % viven en casas que tienen piso de tierra, el 29.8 % en casas construidas en bahareque, el 14.1% de las viviendas no tiene servicio de acueducto, el 46.3% no tiene servicio de alcantarillado, el 61.6 % no tiene servicio de recolección de basuras, y en el 19.7 % de las casas se usa leña o carbón como combustible para cocinar. El 3.8 % de las viviendas comparten el uso productivo con el habitacional y es su interior se desarrolla alguna actividad económica que produce humo, gases o polvo. Estas condiciones de vida son más frecuentes en los estratos 0 y 1.
- La ausencia de alcantarillado se asocia con una mayor frecuencia del diagnóstico de asma OR 2.0 (IC 95%; 1,18-3.39), dermatitis alérgica OR 1.37 (IC 95%; 1,07-1.74), y sibilancias nocturnas OR 1.32 (IC 95%; 1,01-1.73). La falta de recolección de basuras se asocia con los mismos efectos.
- El 90.8% de los encuestados afirmó que diariamente pasan vehículos de carga pesada a menos de 100 metros de las vivienda. El 48% de los evaluados reportaron la presencia de quema de basuras a menos de 100 metros de la vivienda. El 33.9% de los evaluados identificaron la presencia de fuentes de contaminación cercanas a las viviendas, el reporte fue más frecuente en la zona rural con efecto tráfico y en los corregimientos próximos a los depósitos de estéril. Estos mismos factores se identificaron en las escuelas a las que asisten los niños y niñas aunque en menor proporción.
- La quema de basuras a menos de 100 metros se asocia con una mayor frecuencia de reporte de sibilancias en el último año, con el ejercicio y durante la noche, tos seca nocturna, Dermatitis alérgica y haberse ausentado del colegio en el último mes.
- La presencia de fuentes fijas cercanas se asocia con una mayor frecuencia de todos los eventos excepto Bronconeumonía, hay que tener en cuenta que este factor fue más frecuente en las zonas cercanas a las minas.
- La presencia de fuentes fijas a menos de 100 metros de la institución educativa se asocia con un mayor reporte de Bronquitis, sibilancias nocturnas y con el ejercicio, tratamiento con antibióticos, consulta de urgencias por disnea y ausentismo por ERA.
- El 13.4% de los niños consultaron en el último año por disnea, este antecedente fue más frecuente en los corregimientos próximos a los depósitos de estéril, en las zonas urbanas con efecto tráfico y en los corregimientos con efecto tráfico. Al comparar la frecuencia con la zona control, se encontró que esta diferencia era estadísticamente significativa $p < 0,05$.
- El grupo de edad con una mayor proporción de niños que consultaron a urgencias por disnea fue el de 1 a 5 años. El 18 % de los niños y niñas tiene el antecedente de haber recibido más de tres ciclos de antibióticos en el último año por Enfermedad respiratoria aguda, las zonas con mayor proporción de este antecedente fueron los corregimientos próximos a los depósitos de estéril, la zona urbana con efecto tráfico y los corregimientos con efecto tráfico. Las diferencias respecto al estrato control fueron estadísticamente significativas $p < 0.05$.
- En cuanto a la relación entre la notificación de IRA y la concentración de PM_{10} durante los años 2007-2011, en los municipios se observan períodos de excedencia de la contaminación en relación con los niveles límite de Resolución 610 de 2010 y los valores guía definidos por la OMS, con respecto al promedio anual de PM_{10} . En el Municipio de la Jagua de Ibirico las excedencias son frecuentes.
- Durante el periodo 2007-2011 se observó un periodo de altas concentraciones semanales de PM_{10} que se inicia en la semana 44, continúa hasta la 52 del año epidemiológico y se extiende hasta la semana 14 del año siguiente. Este aumento, no se acompaña de un aumento concomitante de la notificación por IRA. Este evento presenta su pico alrededor de la semana 33 hasta la 42, dato que debe ser tenido en cuenta por la autoridad de salud.
- Se identificaron episodios aislados de aumento de la notificación concordantes con elevaciones de la concentración de PM_{10} lo que permite recomendar el diseño de un sistema de alertas tempranas.

Nota Fuente: Hernández LJ. Prevalencia de enfermedad respiratoria en niños menores de 10 años residentes en seis municipios mineros del Cesar, Colombia, 2012. Informe final. Bogotá: Instituto de Salud Pública Universidad Nacional de Colombia/Gobernación del Cesar;2012.

*Adaptado por el autor.

Aunque el estudio citado no asoció la exposición al material particulado proveniente de la extracción carbonífera con la prevalencia de enfermedad respiratoria, el efecto de esta actividad ha sido evaluado por otros autores. El principal problema de contaminación atmosférica en una zona minera se debe a la presencia de partículas, las cuales pueden ser de

carbón, suelo o estéril (Ghose, 2000). Estas partículas son emitidas a la atmósfera por acción del viento, las fuentes de combustión, los puntos de transferencia de material u otras fuentes en el sitio de la mina.

En Colombia, se establece que en promedio todas las empresas mineras producen 0.726 kg de PST y 0.180 kg de PM₁₀ por tonelada de carbón extraído, donde la fuente de mayor emisión de material particulado corresponde al tajo (42%) para el caso de PST y el botadero (60%) para el caso de PM₁₀. Los niveles y composición del material particulado generado por la minería de carbón a cielo abierto, están influenciados por la geología local y el progreso de las operaciones mineras, con consideraciones adicionales que incluyen la topografía del tajo, la efectividad de las medidas de control de emisiones de MP y las condiciones meteorológicas (Angulo, 2011).

Un análisis de filtros provenientes del monitoreo de calidad del aire en las áreas carboníferas del Cesar y La Guajira, durante los años 2007, 2008 y 2009 encontró un porcentaje de partículas carbonosas entre el 30 y 40% y de partículas de estéril entre 40 y 50%. Además, identificaron cuarzo, feldspatos, granos alterados, epidota, biotita y piroxenos y en menor cantidad muscovitas, cloritas, calcitas y fragmentos orgánicos (Angulo, 2011).

En Colombia se han desarrollado investigaciones tendientes a cuantificar los efectos de la minería en la salud de la población laboral y que se ubica en inmediaciones de la explotación carbonífera, entre los cuales podemos citar:

- Se determinó la toxicidad aguda (CL₅₀) del extracto de polvillo de carbón frente larvas de *Artemia franciscana*; se obtuvieron valores de CL₅₀ de 8.89 mg/L y 4.20 mg/L tras exposiciones de 24 y 48, horas respectivamente. De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluyó que el polvillo de carbón es una sustancia potencialmente citotóxica al mostrar una CL₅₀ menor a 10 mg/L, indicando el grado de peligrosidad de dicho material, especialmente para los ecosistemas marinos y/o estuarinos (hábitat de *A. franciscana*) (Pacheco, 2011).
- Se evaluaron los efectos genotóxicos en una población expuesta a los residuos de carbón en la mina a cielo abierto de El Cerrejón; se encontró que el grupo expuesto a los residuos de la minería de carbón presentó un grado significativamente más alto de daño del ADN en linfocitos periféricos en el ensayo comet y la prueba de micronúcleos, en comparación con el grupo de control (León, 2011).

Tabla 4.123. Abstract of Assessment of DNA damage in coal open-cast mining workers using the cytokinesis-blocked micronucleus test and the comet assay.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Assessment of DNA damage in coal open-cast mining workers using the cytokinesis-blocked micronucleus test and the comet assay | |
| Lugar: Guajira | Autor/año: Grethel León-Mejía, Lyda Espitia-Pérez, Luz Stella Hoyos-Giraldo, |

| | |
|--|---|
| | Juliana Da Silva, Andreas Hartmann, João Antônio Pêgas Henriques, Milton Quintana, 2011 |
| Tipo documento: Artículo | Contaminante estudiado: Material particulado |
| Objetivo: Evaluar los efectos genotóxicos en una población expuesta a los residuos de carbón de la mina a cielo abierto de El Cerrejón. | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> No hubo diferencia significativa en los marcadores de genotoxicidad entre las cuatro actividades desarrolladas en las minas de carbón (transporte de la extracción de carbón, mantenimiento de los equipos de campo, lavado y embarque del carbón). Estas observaciones indican que los trabajadores expuestos tienen una respuesta genotóxica comparable a la exposición a una mezcla compleja, independientemente de la zona de la actividad que desarrollen en la mina. Aunque no se identificaron los mecanismos genotóxicos específicos que generan efectos, el daño en el ADN de los trabajadores de la minería puede ser consecuencia del daño oxidativo resultante de las mezclas de residuos de carbón que contienen trazas de hierro, azufre, cenizas de carbón, metales pesados y HAP. | |

Nota Fuente: León G, Espitia L, Hoyos LS, Da Silva J, Hartmann A, Henriques JA, et al. Assessment of DNA damage in coal open-cast mining workers using the cytokinesis-blocked micronucleus test and the comet assay. *Science of the Total Environment*;2011;409:686-691.

*Adaptado por el autor.

Tabla 4.124. Resumen de la tesis Determinación de la toxicidad aguda (CL50) del extracto de polvillo de carbón frente a larvas de *artemia franciscana*.

| | |
|--|---|
| Nombre documento: Determinación de la toxicidad aguda (CL50) del extracto de polvillo de carbón frente a larvas de <i>artemia franciscana</i> . | |
| Lugar: Laboratorio | Autor/año: Pacheco Gómez Jesús David, 2011 |
| Tipo documento: Tesis | Contaminante estudiado: Polvillo de Carbón |
| Objetivo: Determinar la toxicidad aguda (CL50) del extracto de polvillo de carbón frente a larvas de <i>Artemia franciscana</i> | |
| Resultados: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los síntomas más frecuentes encontrados en <i>Artemia franciscana</i> luego de ser expuesta al extracto fueron: letargia, poca reacción a la luz, debilidad y pérdida del reflejo de huida y flexión del músculo abdominal (calambre), los cuales son atribuidos principalmente a la presencia de metales. Tanto el polvillo de carbón como sus componentes pueden llegar a los ecosistemas marinos y estuarinos mediante procesos de lixiviación, a través de las escorrentías o por la liberación de partículas hacia la atmósfera. | |

Nota Fuente: Pacheco JD. Determinación de la toxicidad aguda (CL₅₀) del extracto de polvillo de carbón frente a larvas de *artemia franciscana* [Tesis]. Cartagena: Universidad Nacional de Colombia;2011.

*Adaptado por el autor.

5. SUSTANCIAS TOXICAS

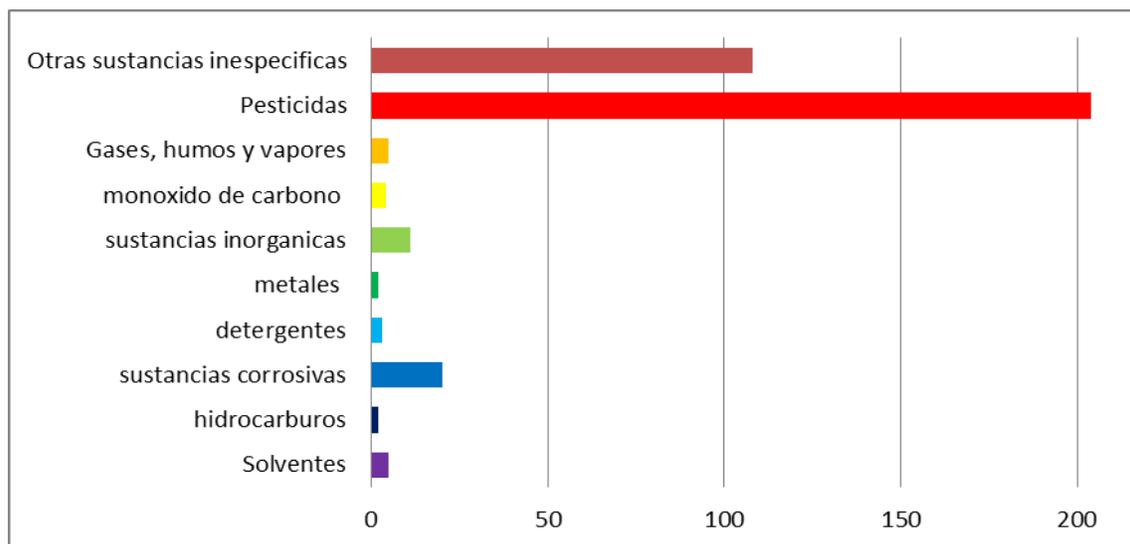
Los problemas sanitarios por sustancias tóxicas corresponden a una fase intermedia de la llamada "transición de riesgos ambientales" (Smith y Ezzati, 2005). Sus efectos nocivos incluyen las intoxicaciones agudas y/o crónicas que en algunos casos, se relacionan con la ocurrencia de enfermedades. El presente capítulo dará una revisión a las principales sustancias tóxicas que se presentan en diferentes escenarios del país, dando una revisión a las publicaciones científicas y reportes nacionales de contaminación por sustancias tóxicas y de su repercusión sobre la salud humana. Si bien no se abordan todas las sustancias tóxicas, se enfatiza en las que han sido más estudiadas, como el mercurio, el plomo y los plaguicidas, y en aquellas que presentan condiciones especiales (asbesto y plaguicidas organoclorados) o requieren especial atención futura dados sus posibles efectos adversos en la salud humana. En general, se evitó el uso de valores permisibles u otros límites dado que muchas de estas sustancias se consideran no deben estar presentes en el humano.

5.1. Exposición aguda a sustancias tóxicas

Existen dos fuentes principales a nivel nacional que recopilan información relacionada con intoxicaciones agudas por cualquier causa: el Sistema de Vigilancia Epidemiológica SIVIGILA y el Registro Individual de Prestación de Servicios de Salud. Por otra parte, diversos estudios realizados en el contexto clínico de diferentes municipios y departamentos han evaluado las características generales de estos eventos.

Según los datos que recolectamos en una búsqueda activa de SIVIGILA 2010 se notificaron un total de 364 intoxicaciones agudas relacionadas con sustancias tóxicas, de las cuales en la figura 5.1 se presenta su distribución según la clasificación del agente. Las sustancias que con mayor frecuencia generan intoxicación aguda son los pesticidas dentro de los cuales los más frecuentes son los organofosforados y carbamatos, seguidos de una clasificación muy poco concreta, denominada otras sustancias inespecíficas. En tercer lugar se presentan las sustancias corrosivas.

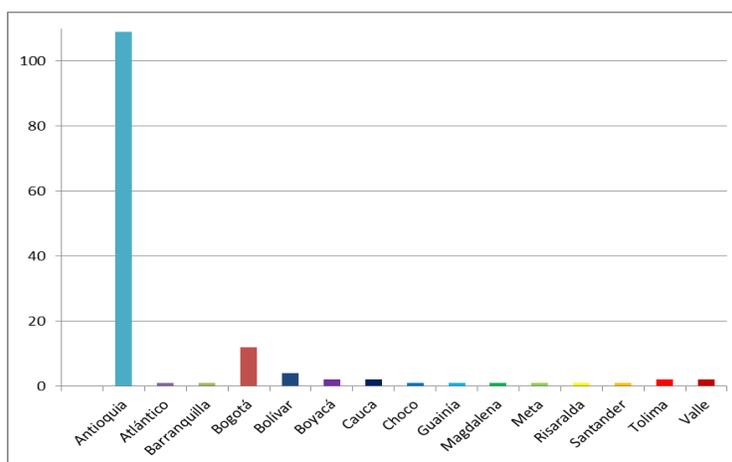
Figura 5.1. Distribución de las intoxicaciones agudas según sustancia tóxica causal.



Nota Fuente: SIVIGILA. Estadísticas. Recuperado de <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Estadsticas%20SIVIGILA/Forms/public.aspx> ; 2010.

En la siguiente figura 5.2 se observa a distribución de casos 2011 por lugar de ocurrencia.

Figura 5.2. Distribución de las intoxicaciones agudas, 2011.



Nota Fuente: SIVIGILA. Estadísticas. Recuperado de <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Estadsticas%20SIVIGILA/Forms/public.aspx>; 2011.

Además, estudios originales desarrollados en algunas regiones del país han descrito el comportamiento de las intoxicaciones en diferentes escenarios. Por ejemplo, en el departamento del Valle del Cauca, en un estudio publicado en 2009, se reportaron para la última década 50 incidentes relacionados con sustancias peligrosas, los cuales se asociaron

principalmente a actividades en plantas químicas, almacenamiento en bodega y transporte terrestre de sustancias. El 70% de los eventos ocurrieron en la capital del departamento (CVC, 2009). Otras investigaciones desarrolladas en ambientes hospitalarios en la ciudad de Cartagena han descrito el comportamiento de las intoxicaciones atendidas por morbilidad en los servicios de urgencias de diferentes instituciones. En la tabla 5.1 se presenta la frecuencia de casos reportados en los diferentes centros hospitalarios de la ciudad. Los motivos asociados con la intoxicación fueron la exposición accidental, seguido de intento suicida y consumo de estupefacientes (Galofre, 2011). Solo el 5% de las intoxicaciones en adultos guardaron relación con causas ocupacionales (Ortiz, 2011).

Tabla 5.1. Número de casos de intoxicaciones agudas descritos en la ciudad de Cartagena para los años 2009 y 2010.

| Institución | Casos | |
|--|-------|------|
| | 2009 | 2010 |
| Hospital Infantil Napoleón Franco Pareja (Galofre, 2011) | 112 | 105 |
| Hospital Universitario del Caribe (Lastra, 2011) | 88 | 123 |
| Clínica San Juan de Dios de Cartagena (Ortíz, 2011) | 152 | 158 |
| Clínica Cartagena del Mar (Serpa, 2011) | 193** | |

Nota Fuente: Adaptación del autor; *Datos tomados de los siguientes autores Galofre, 2011; Lastra, 2011; Ortíz, 2011; Serpa, 2011.
**Para los dos años.

Finalmente los registros de mortalidad del DANE también permiten una panorámica general de la problemática, que muestra las intoxicaciones como causa de muerte, afortunadamente con una baja ocurrencia.

Tabla 5.2. Casos de intoxicación con sustancias tóxicas que ocasionaron la muerte en Colombia (2010).

| Departamento | Total | Hombres | Mujeres |
|--------------|-------|---------|---------|
| Antioquia | 8 | 5 | 3 |
| Atlántico | 1 | 1 | 0 |
| Bogotá | 20 | 16 | 4 |
| Bolívar | 3 | 2 | 1 |
| Boyacá | 17 | 15 | 2 |
| Caldas | 4 | 3 | 1 |
| Caquetá | 3 | 1 | 2 |
| Cauca | 3 | 2 | 1 |
| Cesar | 4 | 4 | 0 |
| Córdoba | 2 | 0 | 2 |

| | | | |
|--------------------------|----|---|---|
| Cundinamarca | 3 | 3 | 0 |
| Chocó | 1 | 1 | 0 |
| Huila | 4 | 4 | 0 |
| La Guajira | 2 | 1 | 1 |
| Meta | 1 | 1 | 0 |
| Nariño | 6 | 4 | 2 |
| Norte de Santander | 4 | 3 | 1 |
| Quindío | 4 | 4 | 0 |
| Risaralda | 5 | 5 | 0 |
| Santander | 3 | 3 | 0 |
| Sucre | 2 | 1 | 1 |
| Tolima | 4 | 3 | 1 |
| Valle del Cauca | 10 | 7 | 3 |
| Putumayo | 1 | 1 | 0 |
| San Andrés y Providencia | 1 | 1 | 0 |
| Guaviare | 1 | 1 | 0 |

5.2. Mercurio

El mercurio es un metal que ha estado relacionado de forma histórica con la economía colombiana desde la época de la colonia. A pesar que existen fuentes naturales de mercurio provenientes de actividades volcánicas, combustión y erosión de suelos, la principal fuente de exposición mundial y nacional a este metal proviene de la minería aurífera (Eisler, 2003). Para el año 2007 se utilizaron 71.4 toneladas de mercurio, todas provenientes de importación; este valor aumentó en los siguientes años, alcanzando un valor máximo de 130.4 toneladas en 2009 (López et al, 2003). Así mismo, en 2007 se generaron 150.3 toneladas de residuos compuestos de mercurio de los cuales 11.5 toneladas fueron empleadas para aprovechamiento, 38.6 fueron tratadas y la cantidad restante destinada para disposición final (López et al, 2003).

Los valores de referencia para mercurio se presentan en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Valores de referencia para Hg de acuerdo a la WHO, EPA, OSHA y FDA.

| Mercurio | | |
|-----------|-----------------------|------------|
| | Valor de referencia | Referencia |
| Agua | 0.001 mg/L | WHO 1984 |
| | 0.002 mg/L | EPA 1992 |
| Aire | 0.1 mg/m ³ | OSHA |
| Alimentos | 1 ppm | FDA 1998 |

Nota Fuente: WHO 1984; EPA 1992; OSHA; FDA 1998

5.2.1. Fuentes naturales de mercurio en Colombia

En el departamento de Caldas, municipio de Aranzazu, existe un yacimiento de mercurio de origen volcánico, que fue descubierto aproximadamente en la cuarta década del siglo XX (INGEOMINAS, 1958). En esta región se desplegó la primera y única mina nacional de mercurio llamada mina "La Nueva Esperanza". Para 1960 en publicaciones de Ingeominas se reportó una reserva en la región de 35.000 libras del metal (INGEOMINAS, 1960), con una producción anual aproximada de 2.700 y 7.500 libras de mercurio para los años 1955 y 1957, respectivamente (INGEOMINAS, 1958). Estas cifras aumentaron aparentemente en los siguientes años. Debido a su exclusividad y gran productividad el yacimiento obtuvo gran atención por parte de las autoridades encargadas de la vigilancia del sector minero de la época. En un informe de Ingeominas de marzo de 1960, en el margen de una visita técnica realizada a la mina se recomendó la optimización de las instalaciones, el uso de métodos cerrados y movilización de las viviendas de los trabajadores, con el fin de reducir la exposición a mercurio (INGEOMINAS 1960). Lo anterior confirma el inminente riesgo para los trabajadores de la organización divisada desde ese año, así como la búsqueda de alternativas que permitieran atenuar dicho riesgo y por lo tanto, promovieran un funcionamiento seguro de la mina.

En 1977 la mina fue clausurada debido a alteraciones en la salud detectadas en los trabajadores de la zona, las cuales fueron asociadas con la exposición ocupacional a mercurio (Escobar, 2006). Posteriormente al cierre de la mina, en un estudio publicado en 1979 se evaluaron muestras de sedimento, suelos y rocas teniendo en cuenta el territorio donde funcionaba la mina y un área cercana a la misma, encontrando un área de 1 por 25 kilómetros de extensión con concentraciones anómalas de mercurio (Vesga y Prez, 1979).

5.2.2. Minería aurífera

Como se mencionó con anterioridad, uno de los escenarios principales en los cuales se presenta la contaminación ambiental y la exposición humana al mercurio, es la minería aurífera desarrollada con técnicas artesanales. Colombia se ha convertido en el segundo país productor de oro en América Latina, con una producción anual aproximada de 47.838 kilogramos para el 2010 (UPME, 2010); precedido por Brasil y seguido por Perú (Veiga, 1997b). Además, en el contexto mundial, Colombia es el tercer consumidor de mercurio con fines de explotación aurífera artesanal (Webster, 2012; Cordy, 2011).

En términos generales, la producción nacional de oro ha aumentado en la última década, con una caída de la producción según datos del sistema de información minero colombiano (SIMCO) para los años 2006 y 2007; y una producción de 47.838 kg y 53.606 kg anuales para el 2009 y 2010 respectivamente (López et al, 2012).

Colombia tiene actualmente 12 distritos mineros de los 26 adscritos en 2005, que realizan explotación aurífera (Tabla 5.4), estos ubicados principalmente en la región occidental y central del país. Existe una extensa lista de títulos de minería de oro en el país. Por ejemplo, para el

año 2009 en el mes de octubre se publicaron en la relación de contratos de concesión de títulos mineros, 179 títulos principalmente ubicados en los departamentos de Tolima, Nariño y Santander (INGEOMINAS, 2009).

Tabla 5.4. Distritos de minería de oro en Colombia 2005.

| Distrito | Departamento |
|---------------------|---------------------|
| Costa Pacífica Sur | Cauca y Nariño |
| El Tambo- Dovio | Valle y Cauca |
| Frontino | Antioquia |
| Istmina | Choco |
| La Llanada | Nariño |
| Marmato | Caldas y Risaralda |
| Mercaderes | Cauca y Nariño |
| Montelíbano | Córdoba |
| Nordeste Antioqueño | Antioquia |
| San Martín de Loba | Bolívar |
| Santa Rosa | Bolívar |
| Vetas | Santander |

Nota Fuente: [UPME] Unidad de Planeación Minero Energética. Distritos Mineros: exportaciones e infraestructura de transporte. Informe. Bogotá DC: UPME;2005.

Segovia, Antioquia, es la región considerada con los mayores índices de contaminación por mercurio en el país y en el mundo según estudios recientes; es una región donde se desarrolla la minería artesanal de forma frecuente en el sector rural y urbano (Webster 2012; Cordy et al. 2011); por otra parte en la región del bajo Cauca - Nechí Córdoba, existe una alta producción aurífera, que en la medida en que se desarrolla de forma artesanal aumenta el riesgo de exposición a mercurio para la comunidad.

Pese al despliegue de diversos mecanismos de tecnificación para llevar a cabo la minería aurífera, el mercurio continúa siendo un elemento fundamental, económico y eficiente para la extracción del oro (Malm, 1998; Prieto et al, 1998). Para 2010, se estimaba que el 50% de la producción minera correspondía a la minería informal (UPME, 2010). En adición a las condiciones económicas que necesariamente involucran la minería artesanal y el uso de mercurio dentro de las prácticas de explotación, existen otros aspectos que en el contexto de la informalidad empeoran el escenario de contaminación y su impacto sobre la salud humana. Tal es el caso de la presencia y rol activo de la mujer en la minería y la exposición directa o indirecta por parte de la población infantil (Veiga, 1997b). A lo anterior, se suma una escasa percepción de riesgo ambiental por parte de la comunidad y el consecuente uso inadecuado de mecanismos de protección y reciclaje del metal (Wolff, 2000).

5.2.3. Evaluación de exposición a mercurio

En el ámbito mundial se han evaluado en diferentes contextos la acumulación del mercurio dentro de los ecosistemas, en adición estudios experimentales en animales han permitido esclarecer mecanismos fisiopatológicos y efectos de la exposición crónica y aguda al mercurio. Varios de estos efectos han sido evaluados y corroborados sobre la salud humana. En Colombia, ha sido evidente la acumulación del mercurio dentro de la biota y fauna, tal es el caso de la Ciénaga Grande de Santa Marta, la bahía de Cartagena, río Cauca y Magdalena, entre otros.

5.2.3.1. Sedimento y agua. En una medición de múltiples muestras provenientes de la bahía de Cartagena y de la Ciénaga Grande de Santa Marta reportada en 2000, se detectaron niveles de mercurio elevados en el sedimento (94 a 10293 mg/kg y 20 a 109 mg/kg, respectivamente) (Alonso et al, 2000). La contaminación de las aguas de la Ciénaga de Santa Marta proviene fundamentalmente de los metales pesados generados por la industria y minería cercana (Botero, 1996). Los niveles de mercurio en sedimento de la bahía de Cartagena resultaron ser considerablemente superiores a los detectados en Santa Marta. Estos niveles se correlacionaron con la detección de mercurio total en peces de las dos regiones (Alonso et al, 2000).

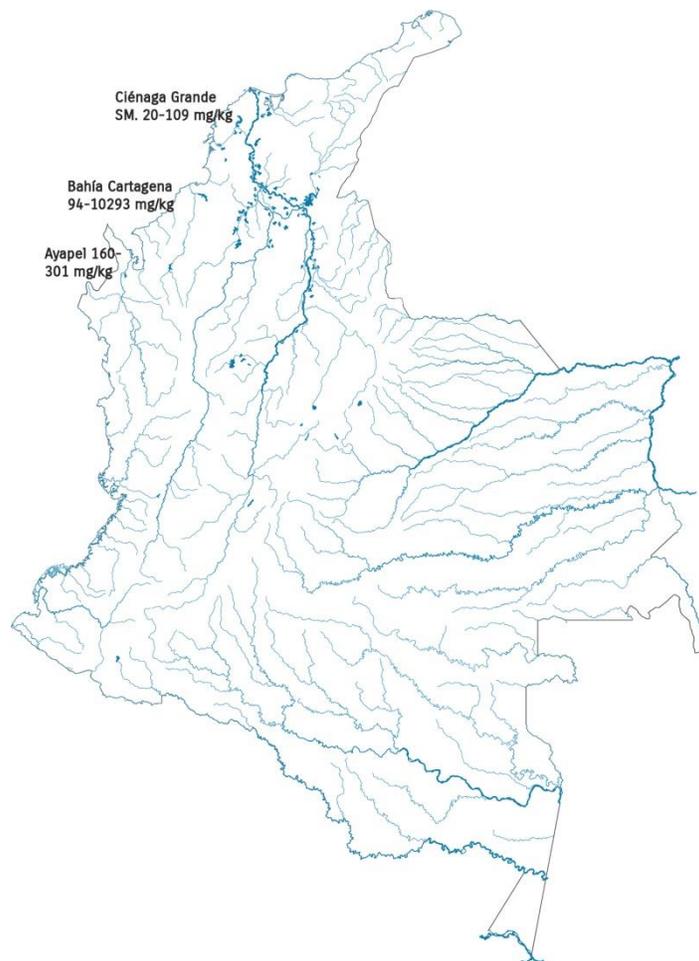
En 2001 se publicó un estudio donde se evaluaron los niveles de mercurio total en muestras de sangre y orina de población vinculada de forma directa o indirecta al proceso de extracción artesanal del oro, así como muestras de agua en el distrito minero de Vetas, ubicado en el departamento de Santander; el 62% de las muestras de agua, se encontraban por encima de los niveles aceptados (0.001 mg/L) (Granados, 2001). Lo anterior probablemente relacionado con las descargas de arenas con residuos mercuriales por parte de las empresas mineras y por los residuos directamente descargados de la minería artesanal. Además, El 40% y 54% de los individuos presentó niveles de mercurio superiores al valor permisible, en sangre y en orina respectivamente.

Por otra parte, la ciénaga de Ayapel tiene un área aproximada de 25 mil hectáreas y es un sector acuífero receptor de aguas del río San Jorge y Caño Grande, así como del río Cauca (Aguilera, 2009); en esta región se practica minería aluvial de oro. Para el año 2010 se detectaron niveles de mercurio en sedimento en la ciénaga entre 0.160–0.301 mg/g de peso seco (Marrugo J et al, 2010).

Así mismo, el río Bogotá y sus cuencas han sido otra de las fuentes de agua en las cuales se ha centrado la atención de las autoridades ambientales. Lo anterior debido a su alto riesgo de contaminación industrial y agrícola y a la cercanía de diversas poblaciones que se abastecen con aguas del embalse de Muña, pobremente tratadas. Por ejemplo, una investigación desarrollada en el año 2010 evaluó el sedimento del río Bogotá y Tunjuelo, receptores de la contaminación de metales pesados procedente de zonas industriales, detectando valores superiores a 0,0001 mg/L (Soto et al, 2010). Esta fuente de agua se convierte en un factor de exposición al metal para población que no necesariamente está

vinculada en el proceso industrial, sino que se surte de los ríos, incluyendo grupos vulnerables como las mujeres y los niños.

Figura 5.3. Mapa de niveles de mercurio en sedimento, Colombia



Nota Fuente: el autor.

*Datos obtenidos de los estudios de Sarmiento et al, 1999; Marrugo J et al, 2010; Alonso, 2000.

En 1999 se desarrolló una investigación en la región del embalse de Muña, donde se evaluaron diferentes materiales que podrían estar potencialmente contaminados por los productos industriales generados en zonas aledañas. En el agua se detectaron niveles de 0 a 0.61 $\mu\text{g/L}$. mientras que en material vegetal incluyendo frutas y legumbres los niveles estuvieron por debajo de 50 $\mu\text{g/kg}$ (Sarmiento et al, 1999). En 2011 se detectaron en agua valores superiores a los permitidos para riego (0.01 mg/L), mientras que en suelo y sedimento los valores estuvieron dentro de límites de referencia, sin embargo, al evaluar el tejido vegetal el cual usualmente es regado con aguas de la represa, los niveles de mercurio fueron consistentemente superiores a la normativa (Montaño, 2011). En la figura 5.3 se observa la localización de los lugares estudiados y los niveles promedio encontrados en sedimento.

Uno de los factores que se ha relacionado con el nivel de mercurio en sedimentos es el porcentaje de materia orgánica, con un coeficiente de correlación $r = 0.65$. Esta correlación fue verificada en el escenario de la ciénaga de Ayapel, independientemente de la época del año (Marrugo J et al, 2007). Diferentes mediciones en los puntos de monitoreo del río Cauca han sido reportadas de forma aislada por la Universidad del Valle, al realizar una compaginación de estos monitoreos para el caso del mercurio se observa el siguiente comportamiento (Tablas 5.5, 5.6 y 5.7).

Tabla 5.5. Evaluación de mercurio (ng/ml) en aguas del río Cauca según punto de monitoreo 1995-2008.

| Estación | Hg[ng/ml] | %RSD |
|--------------------------|-----------|------|
| Puente Hormiguero | 14.66 | 3.4 |
| Paso del comercio | 2.79 | 3.5 |
| Juanchito | 16.02 | 4.1 |
| Media Canoa | 1.79 | 3.9 |
| Yotoco | 23.33 | 3.0 |
| Puerto Isaacs | 1.69 | 3.8 |
| Vijes | 2.63 | 1.6 |

Nota Fuente: Vasquez A. Evaluación por espectrometría de absorción atómica de mercurio en aguas del tramo sur del río Cauca [Tesis]. Santiago de Cali;2001.

Tabla 5.6. Análisis de Mercurio total en sedimentos del río Cauca.

| Estación de muestreo | 11/15/95 | | 05/22/96 | | 09/04/96 | | 07/30/97 | |
|--------------------------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|
| | Concentración (ng/g) | %DSR |
| Juanchito | 107.131 | 0.0 | 338.273 | 9.0 | 341.817 | 1.2 | 7966.562 | 1.6 |
| Paso del comercio | 194.752 | 1.0 | 434.795 | 8.8 | 2817.663 | 1.3 | 267.598 | 1.2 |
| Puerto Isaacs | 208.641 | 3.2 | 265.341 | 8.2 | 1645.169 | 1.1 | 267.598 | 1.6 |
| Paso de la Torre | 195.372 | 0.1 | 145.530 | 1.0 | 217.988 | 1.3 | 885.388 | 1.1 |
| Vijes | 188.604 | 3.3 | 113.816 | 1.2 | 92.961 | 1.4 | 651.230 | 3.1 |
| Yotoco | 175.594 | 6.5 | 111.616 | 0.1 | 512.329 | 1.1 | 1092.380 | 1.3 |
| Media Canoa | 1095.064 | 0.0 | 584.779 | 4.2 | 650.132 | 0.1 | 910.580 | 2.2 |

Nota Fuente: Rada MP. Estudio y evaluación del grado de contaminación por cadmio, mercurio y plomo en aguas, peces y sedimentos del río Cauca por espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad de Valle;1998.

Tabla 5.7. Concentraciones de Mercurio halladas en muestras del río Cauca.

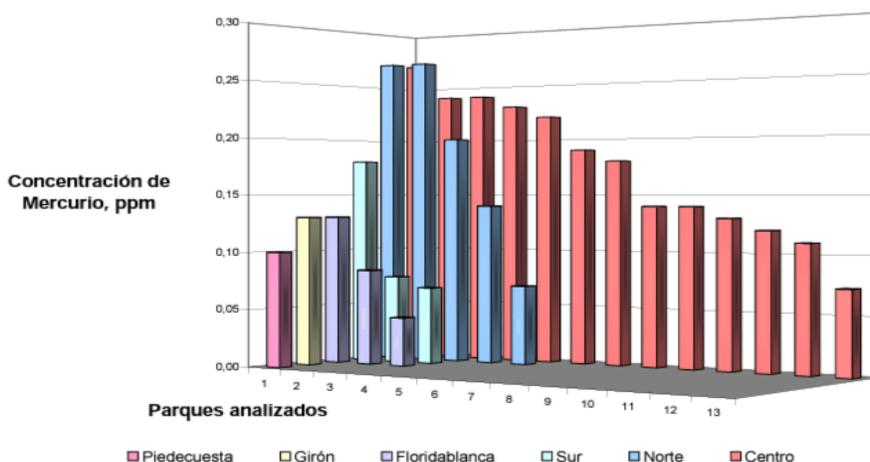
| Punto de muestreo | Concentración (ppb) |
|---|---------------------|
| Puente Hormiguero | 12.8 |
| Antes Canal CVC-Sur | 4.92 |
| Después Canal CVC-Sur | 4.50 |
| Bocatoma Puerto Mallarino | 11.6 |
| Puente de Juanchito | 2.42 |
| Salida A Residuales PTAR-C | 4.50 |
| Desembocadura del río Cali en río Cauca | 3.25 |

Nota Fuente: Correa WA. Especiación del Plomo, Cromo y Cadmio con resina amberlita XAD-16 y cuantificación de Mercurio en aguas del río Cauca en Santiago de Cali por espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Santiago de Cali;2009.

En general, los niveles de mercurio en agua muestran un descenso desde 1999 hasta 2008. Llama la atención en la figura los altos niveles de mercurio en agua presentados en Juanchito en 1997, significativamente superiores a las mediciones en años previos y posteriores a esta fecha. Infortunadamente no conocemos el motivo de estos cambios.

5.2.3.2. Suelos. Existen diferentes estudios que han evaluado los niveles de mercurio en suelos, tanto en contextos urbanos como rurales. Un ejemplo de ello es el trabajo desarrollado en Bucaramanga, Santander, donde se determinaron los niveles de metales pesados en suelos urbanos, contemplando dentro de ellos el mercurio. El nivel máximo fue de 0,27 mg/kg con un rango de 0,228 mg/kg. En la figura 5.4 se presentan los resultados. Es evidente que las muestras correspondientes a las zonas industriales de la ciudad, ubicadas en el norte y centro, reportaron niveles de mercurio más elevados (Muñoz FA, 2006).

Figura 5.4. Concentraciones de mercurio en suelos de parques del área metropolitana de Bucaramanga.



Nota Fuente: Muñoz FA. Determinación del mercurio en suelos de Bucaramanga, utilizando un prolizador acoplado a un detector de mercurio basado en espectroscopia de absorción atómica diferencia del Zeeman [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander; 2006.

5.2.3.3. Peces y fauna acuática. Desde hace más de dos décadas se han realizado en el país diferentes estudios con el fin de determinar las concentraciones del mercurio en el musculo de los peces; esto permite evaluar de forma directa la contaminación del ecosistema y de forma indirecta la exposición humana. Estos estudios han sido principalmente desarrollados en el área de influencia del río Magdalena y en el Sur de Bolívar.

La concentración de mercurio en los peces depende fundamentalmente de su posición en la cadena trófica, así como de su tamaño (Olivero et al, 1998). Usualmente los peces carnívoros contienen niveles de mercurio total y de metil-mercurio superiores a los omnívoros y detritívoros; además, el peso en los peces carnívoros se ha correlacionado de forma positiva y significativa con los niveles de mercurio total (r 0.51) (Olivero et al, 2009), así como con la longitud de la especie (r 0.66) (Gracia et al, 2010).

En una investigación publicada en el año 2000, se compararon las concentraciones de mercurio en peces provenientes de la bahía de Cartagena y la Ciénaga Grande de Santa Marta. Las concentraciones detectadas en Cartagena alcanzaron en algunos casos los 852 mg/kg de peso seco, mientras que en la Ciénaga de Santa Marta, la concentración máxima fue de 68 mg/kg de peso seco (Alonso et al, 2000); los niveles detectados en peces omnívoros fueron superiores a los detritívoros (Alonso et al, 2000).

Otro estudio, donde se llevó a cabo un muestreo de peces en la Ciénaga Grande en el municipio de Montecristo, encontró diferencias en los peces de acuerdo a su lugar dentro de la cadena trófica. La especie carnívora *Sorubincuspicaudus*, tuvo la concentración media más elevada (0.74 ± 0.19 $\mu\text{g/g}$ de peso fresco) y la menor concentración estuvo en una especie no carnívora *Prochilodusmagdalenae* (0.15 ± 0.02 $\mu\text{g/g}$ de peso fresco) (Marrugo et al, 2008).

En el caso de la ciénaga de Ayapel, para el 2007 se realizó un estudio de concentración de mercurio en peces, encontrando niveles dentro de los límites aceptables para consumo de OMS (Marrugo J et al, 2007).

En el río Nechí, ubicado en el noroccidente colombiano, se reportó un estudio en 2012, cuyo fin fue evaluar la concentración de metil-mercurio en peces provenientes de las aguas del río, en comparación con peces provenientes en el río la Miel, departamento de Caldas; en promedio se encontraron valores cinco veces superiores en el río Nechí, respecto al control (268 y 56 ng/g respectivamente) (Álvarez et al, 2012). Otra investigación direccionada a evaluar los niveles de mercurio en peces disponibles en almacenes comerciales de la ciudad de Cartagena, encontró que uno de los establecimientos tenía niveles de mercurio en peces consistentemente más elevados, con un valor promedio máximo de 0.76 $\mu\text{g/g}$ en la merluza (Sánchez JM, 2011). En el caso de las ostras los niveles en las muestras evaluadas no superaron los valores permitidos (Sánchez JM, 2011).

Por otra parte, en la ciudad de Cartagena se realizó la medición de niveles de mercurio en muestras de atún enlatado de diferentes marcas comerciales, los nombres comerciales de los productos no fueron revelados. Los niveles de mercurio total alcanzaron un valor máximo de

2.59 ppm, con un valor promedio de 0.86, en el caso de dos de las cuatro marcas evaluadas se superó el nivel de referencia nacional, con un 34% de las muestras por encima de dicho valor; Tres de las marcas comerciales superaron el valor de referencia OMS (Sánchez J, 2011).

En la literatura científica encontramos un solo reporte de medición de mercurio en carne de consumo publicado en 2011, el cual determinó concentraciones de mercurio en carne de bovinos dentro de los valores permisibles para ingestión humana (Madero et al, 2011). En la tabla 5.8 se presentan algunos ejemplos de medición de mercurio en peces según región.

Tabla 5.8. Concentración de mercurio en peces en Colombia.

| Lugar | Tipo de pez | Niveles | Autor |
|----------------------------|---------------|---|-----------------------|
| Ayapel, Córdoba | | 2,18±1,77 µg/g (máximo 12.76) peso fresco | Gracia et al, 2010 |
| Bahía de Cartagena | Carnívoros | 0.100±0.006 mg/g | Olivero et al, 2009 |
| | Omnívoros | 0.076±0.014 mg/g | |
| | Detritívoros | 0.028±0.001 mg/g | |
| Ciénaga de Ayapel, Córdoba | | 0.288±0.145 mg kg ⁻¹ peso fresco | Marrugo J et al 2007 |
| | Carnívoros | 0.346±0.133 mg kg ⁻¹ peso fresco | |
| | No carnívoros | 0.184±0.102 mg kg ⁻¹ peso fresco | |
| Cga de Ayapel, Mojana | | 0.298 + 0.148 mg/g, peso fresco | Marrugo J et al, 2010 |
| Mojana | Carnívoros | 0.160–0.301 mg/g | |
| | | 0.346 ± 0.171 mg g ⁻¹ peso fresco¥ | |
| | No carnívoros | 0.155 ± 0.108 mg g ⁻¹ peso fresco | |
| | | 0.146 ± 0.102 mg g ⁻¹ peso fresco¥ | |
| San Benito | | 0.346±0.262 µg/g peso fresco¥ | |
| | | 0.386± 0.260 µg/g peso fresco | |
| Ayapel | | 0.332±0.125 µg/g peso fresco¥ | |
| | | 0.370±0.123 µg/g peso fresco | |
| San Marcos | | 0.286±0.167 µg/g peso fresco¥ | Marrugo J et al, 2008 |
| | | 0.296±0.167 µg/g peso fresco | |
| Guaranda | | 0.253±0.168 µg/g peso fresco¥ | |
| | | 0.268±0.168 µg/g peso fresco | |
| Caimito | | 0.228±0.153 µg/g peso fresco¥ | |
| | | 0.240±0.165 µg/g peso fresco | |
| Majagual | | 0.106±0.054 µg/g peso fresco¥ | |
| | | 0.117±0.057 µg/g peso fresco | |
| Sucre | | 0.088±0.057 µg/g peso fresco¥ | |
| | | 0.091±0.059 µg/g peso fresco | |
| Bahía de Cartagena | | Niveles de detección a 852 mg/kg peso seco | Alonso et al, 2000 |

| Lugar | Tipo de pez | Niveles | Autor |
|-------------------------------|-------------|---|---------------------|
| Ciénaga Grande de Santa Marta | | Niveles de detección a 68 mg/kg peso seco | Alonso et al, 2000 |
| Río Nechi | | 40 a 934 ng/g \neq | Álvarez et al, 2012 |
| Río la Miel | | 8 a 92 ng/g | |

Nota Fuente: Adaptación realizada por el autor.

*Los datos han sido tomados de los estudios que corresponden a los siguientes autores Gracia et al, 2010; Olivero et al, 2009; Marrugo J et al 2007; Marrugo J et al, 2010; Marrugo J et al, 2008; Alonso et al, 2000; Álvarez et al, 2012.

** En todos los casos se midió mercurio total, excepto en los señalados con \neq , en los que se midió metil-mercurio.

5.2.3.4. Estudios en humanos. En Colombia, se han realizado mediciones de mercurio en humanos, principalmente en trabajadores y comunidades circundantes a las actividades mineras o aledañas a zonas ribereñas. Una información interesante parte de un estudio donde se analizaron muestras prehispánicas, correspondientes a la zona de la Mesa de los Santos en Santander, donde se detectaron niveles de mercurio en cabello inferiores a 0,3 $\mu\text{g/g}$ (Idrovo et al, 2002); estos valores pueden servir de referencia temporal basal para futuros estudios en el país. En contraste, hoy en día se detectan niveles hasta 76 (Olivero et al, 2008a) y 256 veces superiores (Idrovo et al, 2001). Lo anterior demarca claramente un aumento en los niveles de mercurio en muestras humanas, sugiriendo una relación de la exposición humana a mercurio con el proceso de industrialización y desarrollo en los últimos tiempos.

Diferentes estudios han reportado niveles consistentemente elevados en cabello en población minera, pescadores y en población consumidora frecuente de pescado (Olivero et al, 1995; Idrovo et al, 2001). En 1995 se evaluaron los niveles de mercurio en cabello correspondientes a individuos de diferentes regiones del nororiente Colombiano, encontrando concentraciones más elevadas del metal en un grupo de pescadores. Los valores más bajos correspondieron a un grupo control, seleccionado en la ciudad de Cartagena (Olivero et al, 1995). En la tabla 5.4 se presentan los estudios más relevantes en humanos para evaluar la exposición a mercurio mediante biomarcadores.

Otra investigación desarrollada en Segovia, zona de alta contaminación, reportó niveles de mercurio en cabello superiores a 5 $\mu\text{g/g}$ en el 15,2% de los participantes, 23,7% residentes en lugares donde se manipulaba el mercurio. Para fin de la investigación los trabajadores fueron clasificados según el grado de exposición a mercurio dependiendo de su actividad; aquellos con exposición directa presentaron en mayor proporción niveles elevados de mercurio en cabello (>5 $\mu\text{g/g}$), en comparación con los trabajadores con exposición indirecta (27.46 y 5.8% respectivamente) (Cote M, 2006). Es llamativo que los vendedores de mercurio y trabajadores ilegales de las minas (conocidos como macuqueros) presentaron en su totalidad niveles normales. Al evaluar el uso de elementos de protección personal en esta investigación fue evidente que quienes tenían un uso inadecuado de estos elementos presentaban con mayor frecuencia valores anormales de mercurio en cabello (89.4% vs 60.3%) (Cote M, 2006).

Así mismo, al evaluar niveles sanguíneos en comunidades mineras los niveles superan en la mayoría de los casos los puntos de corte normados. En el contexto del departamento de Risaralda, en el municipio de Quinichao se encontraron valores en sangre superiores a 5 ng/ml en el 92.2% de las muestras y niveles mayores a 30 ng/ml en el 5% de los casos aproximadamente (Alzate, 1996). De igual forma en Guainía para el 2001 se detectaron valores promedio de mercurio en sangre de 59.6 µg/L, con un valor máximo de 168; como un hallazgo de interés, se detectaron niveles promedio en población no trabajadora, es decir con población con exposición indirecta, de 53.5 µg/L con un valor máximo de 100.8 µg/L (Idrovo et al, 2001). Lo anterior sugiere una exposición relevante paraocupacional, la cual consiste en la exposición de familiares y personas cercanas a fuentes emisoras de sustancias tóxicas, usualmente por arrastre de trazas dentro del hogar. En este caso la comunidad general que no trabaja directamente en el oficio presenta valores elevados de mercurio, detectando una correlación directa con los niveles sanguíneos (Idrovo et al, 2001).

Tabla 5.9. Valores de mercurio en muestras de cabello y sangre en Colombia.

| Lugar | Fuente | Niveles | Autor |
|--------------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|
| Sur de Bolívar | Cabello pescadores | 5.23±5.78µg/g | Olivero et al, 1995 |
| | Cabello mineros | 2.83±3.27µg/g | |
| | Cabello personas con otra actividad | 2.40±2.02µg/g | |
| Cartagena | Cabello | 1.33±0.74µg/g | Idrovo et al, 2001 |
| Guainía | Sangre mineros | 59.1 µg/L | |
| | Sangre no mineros | 53.5 µg/L | |
| | Cabello mineros | 26.93 µg/g | |
| | Cabello no mineros | 22.86 µg/g | |
| Caimito, Sucre | Cabello | 4.91±0.55 µg/g | Olivero et al, 2002 |
| Bahía de Cartagena | | | |
| | Caño del Oro Cabello | 1.5 µg/g | Olivero et al, 2008a |
| | Bocachica Cabello | 1.4 µg/g | Olivero et al, 2008a |
| Coveñas | Cabello | 1.2 µg/g | Olivero et al, 2008a |
| Lomarena | Cabello | 0.7 µg/g | Olivero et al, 2008a |
| Tasajera | Cabello | 0.7 µg/g | Olivero et al, 2008a |

Nota Fuente: Adaptación realizada por el autor.

*Los datos han sido tomados de los estudios que corresponden a los siguientes autores Olivero et al, 1995; Idrovo et al, 2001; Olivero et al, 2002; Olivero et al, 2008a.

La exposición a metales pesados como el mercurio, se ha evaluado en poblaciones que se surten de fuentes hídricas con potencial contaminación, tal es el caso del Embalse de Muña ubicado en el municipio de Sibaté Cundinamarca, donde la comunidad tiene exposición a metales a través del agua contaminada que es empleada para consumo y riego de alimentos.

En esta investigación todos los sujetos presentaron niveles en sangre dentro de los niveles permisibles ($<20 \mu\text{g}/\text{L}$); 52.9% de ellos presentaron un valor no detectable (Combariza, 2007).

5.2.4. Efectos de mercurio sobre la salud

Como se mencionó con anterioridad, los efectos del mercurio sobre la salud han sido evaluados en diferentes contextos del ámbito internacional. En Colombia se han descrito principalmente los efectos neurológicos del metal. En los sistemas de reporte rutinario de información sobre los servicios de salud y el sistema de vigilancia epidemiológica nacional, los casos de intoxicación aguda por mercurio son de reporte obligatorio. Llama la atención, que a pesar de la alta exposición al metal que se detecta en diferentes regiones del país, para 2010 se reportaron solo dos intoxicaciones agudas por metales de las cuales una correspondía a mercurio (SIVIGILA, 2010). En adición, la mayoría de los casos detectables de intoxicación pueden corresponder a eventos de intoxicación crónica que pasan desapercibidos dentro del sistema, ya que no son de notificación inmediata.

5.2.4.1. Efectos neurológicos. El estudio neuroepidemiológico del río Suratá, aledaño al distrito minero de Vetas-California, Santander, encontró intoxicación crónica por mercurio en la población de esta zona asociada a la presencia de alteraciones extrapiramidales en el grupo expuesto (Pradilla, 1992). Tales alteraciones consisten principalmente en temblor, distonía, trastornos de la coordinación, entre otros.

En otra investigación desarrollada en población minera, se compararon los síntomas neurológicos desarrollados entre la población trabajadora y otra población no expuesta; en este caso se encontró un aumento significativo de los síntomas neuropsicológicos y alteraciones del comportamiento en el grupo expuesto (Tirado et al, 2000).

Por otra parte, un estudio desarrollado en Segovia, Antioquia, en 2005 encontró una asociación significativa entre los niveles elevados de metil-mercurio y la presencia de síntomas neurológicos tales como temblor fino en parpados y labios; los hallazgos neurológicos más frecuentes en este grupo fueron temblor 11.5% seguido de signo de Romberg positivo, en 5.7% de los casos, el cual consiste en la pérdida del equilibrio del individuo al estar de pie con los pies juntos, los ojos cerrados y brazos al frente, (Cote M, 2006). Debido a que Segovia es una zona de alta exposición a mercurio se han desarrollado múltiples estrategias de intervención y mejoramiento por entidades públicas y privadas, con el fin de aumentar el conocimiento de la comunidad y los trabajadores en aspectos y buenas prácticas del uso del mercurio, así como alternativas eficientes. Seis años posteriores al estudio mencionado, se realizó otra investigación en la región, haciendo énfasis en la percepción de riesgo, en el cual el 96.4% de los individuos participantes en la investigación consideraron que el mercurio era un elemento perjudicial para la salud.

Aquellas personas que tenían antecedente de efectos tóxicos del mercurio sobre su salud, tuvieron mayor percepción de riesgo y mayor uso de medidas de protección, el 58.9%

utilizaban guantes, 30.4% mascarilla y 60.7% usaban recicladores de mercurio. Llama la atención que pese a todo lo mencionado anteriormente, alrededor de 50% de la muestra estudiada no recibió previamente capacitación en buenas prácticas relacionadas con el uso del mercurio en minería (García et al, 2011). Al realizar en Segovia una evaluación de los síntomas que la población auto reportaba como efectos secundarios de la exposición al mercurio se encontró que los síntomas principales fueron temblores, disminución de agudeza visual, cefalea y pérdida de memoria, en este orden. (García et al, 2011).

No obstante, Segovia al igual que la mayoría de los distritos mineros cuenta con un escenario social, político y cultural que genera diferentes barreras de comunicación efectiva entre la comunidad y las autoridades territoriales y de salud, por lo tanto, las medidas impartidas por las autoridades de salud pública y gobierno no son fácilmente adoptadas por la población minera.

Una investigación con un enfoque antropológico y social determinó la inconformidad del gremio minero en lo referente a las normas impuestas desde el ámbito público, ya que sienten, que han sido desarrolladas sin su participación, con base en investigaciones científicas y sin tener en cuenta el rol de la comunidad minera (Aguilar, 2009). Este escenario es fácilmente extrapolable a otros contextos mineros, donde el proceso de adopción de prácticas adecuadas desde el punto de vista ambiental y sanitario por parte de la comunidad minera, se ha visto frustrado.

Otra investigación desarrollada en Puerto Berrio, Antioquia, enfocada a evaluar los efectos neurológicos y ototóxicos del mercurio en el contexto de la minería artesanal, comparó los hallazgos clínicos de la población minera con individuos trabajadores en minería de caliza; el primer grupo presentó alteraciones neuropsicotóxicas en 16% de los casos vs 1,25% en el segundo grupo. Además, se determinó una relación positiva y significativa entre el tiempo de exposición y la antigüedad en la minería, con las alteraciones auditivas (Ocampo et al, 2004).

5.2.4.2. Otros efectos. Un solo estudio desarrollado en el país en 1996 ha evaluado los eventos obstétricos relacionados con la exposición a mercurio en la minería de oro. La prevalencia de malformaciones congénitas fue de 0.56%, abortos 6.2% y muerte perinatal en el 3.4% (Alzate, 1996). Al comparar los datos obtenidos en población expuesta a mercurio con las estadísticas de prevalencia de malformaciones congénitas en la población general nos encontramos con valores muy semejantes (prevalencia entre 1,80% y 3.12% en población general) (Zarante et al. 2010). Este último estudio tiene en cuenta centros centinela para malformaciones congénitas, por lo tanto los datos obtenidos podrán sobreestimar la prevalencia de la población general y no ser comparables con el estudio de la población minera.

Por otra parte, una investigación desarrollada a inicios de la década de los 90, buscó evaluar los efectos oculares de la exposición a mercurio en mineros. Es un tema poco explorado a nivel mundial y la mayoría de investigaciones se han direccionado a evaluar efectos del metil-mercurio, contemplando alteraciones como disminución progresiva de la agudeza visual, alteración de la visión nocturna, discriminación cromática, entre otros (Collins et al,

2007). Sin embargo, en un estudio realizado en trabajadores expuestos a vapores de mercurio total se detectó también una reducción subclínica de la discriminación de colores (Urban et al, 2003).

En el estudio colombiano se reportó una asociación entre cambios sutiles entre la perimetría y en la reducción de la agudeza visual con la antigüedad en la minería, aunque dichos cambios no fueron ajustados por edad. Una proporción menor del 10% de la muestra presentó valores anormales de mercurio en orina, lo anterior no se asoció con alteraciones visuales; se reportó temblor palpebral en 50% de la población a estudio, asociado de forma positiva con la frecuencia de exposición diaria a trabajo en minería (De los Ríos, 1991).

5.2.5. Mercurio y odontología

En el contexto de la atención primaria de odontología se realizan frecuentemente procedimientos de inserción de amalgamas dentales. Hoy en día gran parte de las instituciones odontológicas prestan servicios teniendo en cuenta las medidas de bioseguridad adecuadas para prevenir la exposición a mercurio por parte de los trabajadores. Sin embargo, el mercurio continúa hoy siendo una herramienta fundamental para la estructuración de las amalgamas y por lo tanto el personal de atención odontológica está potencialmente expuesto a este metal.

La frecuencia de uso del mercurio en el contexto de un servicio de odontología, supera la correspondiente al contexto de la minería artesanal. Esto debido a que el uso frecuente para la fabricación de amalgamas hace que la probabilidad de tener niveles de mercurio en aire superiores a lo recomendado para ambientes ocupacionales sea mayor ($0.1\text{mg}/\text{m}^3$). El riesgo en este escenario ocurre tanto en el proceso de colocación como de retiro de la amalgama, siendo el riesgo mayor en las remociones de amalgama donde los niveles en el aire superan hasta 15 veces el valor permitido (Aguzzi et al, 2010). Por esta razón, el uso de mecanismos adecuados de protección y de disposición de residuos de mercurio en odontología, es fundamental.

En 2008 se publicó una investigación que evaluaba las instalaciones y las buenas prácticas en los servicios de odontología. Se observó que no todas las instalaciones tienen un adecuado control de prácticas ambientales como medida preventiva de la contaminación por mercurio (Ruiz et al, 2008), lo cual genera exposición de los profesionales de la salud y sus pacientes, así mismo y como un dato relevante se encontró que la cobertura de las aseguradoras de riesgos laborales fue del 71% aproximadamente (Ruiz et al, 2009); una proporción que para contemplar un escenario de trabajo formal se encuentra por debajo de lo esperado.

En otra investigación desarrollada en 2010 y 2011 en Cartagena se determinaron niveles de mercurio en aire de consultorios de clínicas odontológicas, en el 59,0% de los casos se evidenciaron niveles superiores a $300\text{ng}/\text{m}^3$ en los escupideros, con un valor promedio de $4435\text{ng}/\text{m}^3$ (Arrazola, 2011); el 51% de las muestras de aire tomadas en mesones de trabajo de

odontología en ausencia de paciente presentaron niveles muy superiores al permitido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América ($300\text{ng}/\text{m}^3$). Cuando se evaluó en presencia de paciente, en el total de los casos los valores superaron este rango, el valor promedio de mercurio en aire en mesones fue de $2116\text{ng}/\text{m}^3$ (Arrazola, 2011). Con lo anteriormente mencionado, se hace evidente la falta de rigurosidad y de implementación de las medidas de reglamentación actual para el manejo del mercurio en odontología.

En cuanto a los usuarios de las amalgamas, en un estudio publicado en 2005 se reportó una asociación significativa con los niveles de mercurio en sangre y el número extensión y duración de las amalgamas, con valores de mercurio sérico bastante similares en personas con amalgamas dentales, en comparación con otros tipos de restauraciones dentales (Rodríguez et al, 2005).

5.2.6. Disposición de residuos en instituciones de salud

En Antioquia de los residuos provenientes de la manipulación de mercurio para amalgamas dentales, 37% se derivan a recuperación industrial, el 20% son enterrados, 15% reciclados por el proveedor y 7.5% son depositados en el aseo municipal (Ruiz et al, 2009).

Una investigación desarrollada en Bogotá, determinó que la fuente principal de desechos mercuriales está relacionada con el uso de termómetros, en el 88% de las instituciones se detectó un inadecuado manejo de los residuos mercuriales correspondientes a termómetros averiados. En el caso del mercurio recuperado en las instituciones de salud, el 32% es destinado a recolección por empresas idóneas para el manejo de residuos peligrosos (Vivas, 2005).

Dada la revisión anterior, teniendo en cuenta la evaluación temporal de la contaminación por mercurio en el ecosistema y en el hombre, es evidente que aunque es un problema que probablemente haya sido parcialmente atenuado por las medidas recientes de optimización de la utilización del mercurio en el escenario de la minería artesanal y la odontología, continúa vigente como una problemática relevante para la salud ambiental, es probable que se requiera un abordaje más integral que supere los campos del diagnóstico y torne hacia la intervención y la resolución participativa y comunitaria de los asuntos ambientales.

5.3. Plomo

El plomo es un metal pesado que conforma una de las exposiciones ocupacionales relevantes en nuestro país. Pese a la reducción notoria de la exposición en el contexto de los procesos industriales, la disminución de producción global, importación y exportación de productos con plomo y su eliminación de la gasolina entre 1991 y 1996 (Bautista, 2003;

PNUMA, 2010), **la persistencia de su uso con métodos artesanales y la magnitud de sus efectos sobre la salud lo convierten en un asunto no resuelto de la Salud Pública Nacional.**

En Colombia existen algunas regiones que tienen producción de plomo como subproducto en la explotación aurífera, tal es el caso de minas de Nariño, Quindío, Choco y Antioquia (Bautista, 2003). Para el 2010 se generaron en Colombia 931.8 toneladas de desechos con plomo, de los cuales 593 se destinaron para aprovechamiento o valorización, 264.6 toneladas se trataron y el valor restante se trasladó a disposición final (López, 2012).

5.3.1. Exposición a plomo

La principal exposición a plomo ocurre en contexto de la manufactura, por ejemplo de municiones, baterías, soldaduras, entre otras (Martínez, 1997; PNUMA, 2010). Existen algunas ocupaciones clasificadas como de alto riesgo de exposición al plomo, donde la vigilancia de la exposición ocupacional y paraocupacional es muy relevante (tabla 5.10).

Tabla 5.10. Actividades de alto riesgo de exposición al plomo

| Actividades de alto riesgo |
|--|
| Fabricantes de alfarería, cerámicas, combustibles para motores, de estearato de plomo, insecticidas con plomo, limadores, tuberías de plomo, sales de plomo, protecciones y pisos de plomo, de tipos de imprenta, de tetraetileno de plomo, de pintores con PCV, |
| Trabajadores en el vidriado de automóviles |
| Desmanteladores o desguazadores de baterías (acumuladores) |
| Mezcladores de equipos químicos que contienen plomo o de estabilizadores de soldadura |
| Fabricantes y refinadores de metal de desecho |
| Trabajadores de metales con contenido de plomo |
| Refinadores de metales |
| Soldadores de metales con plomo |
| Trituradores de metales no ferrosos |
| Fundidores de pigmentos para pinturas o tuberías |
| Mineros de plomo |
| Moldeadores de plomo de baterías |
| Recuperadores y recicladores de plomo |
| Trabajadores de molinos de policloruro de vinilo |

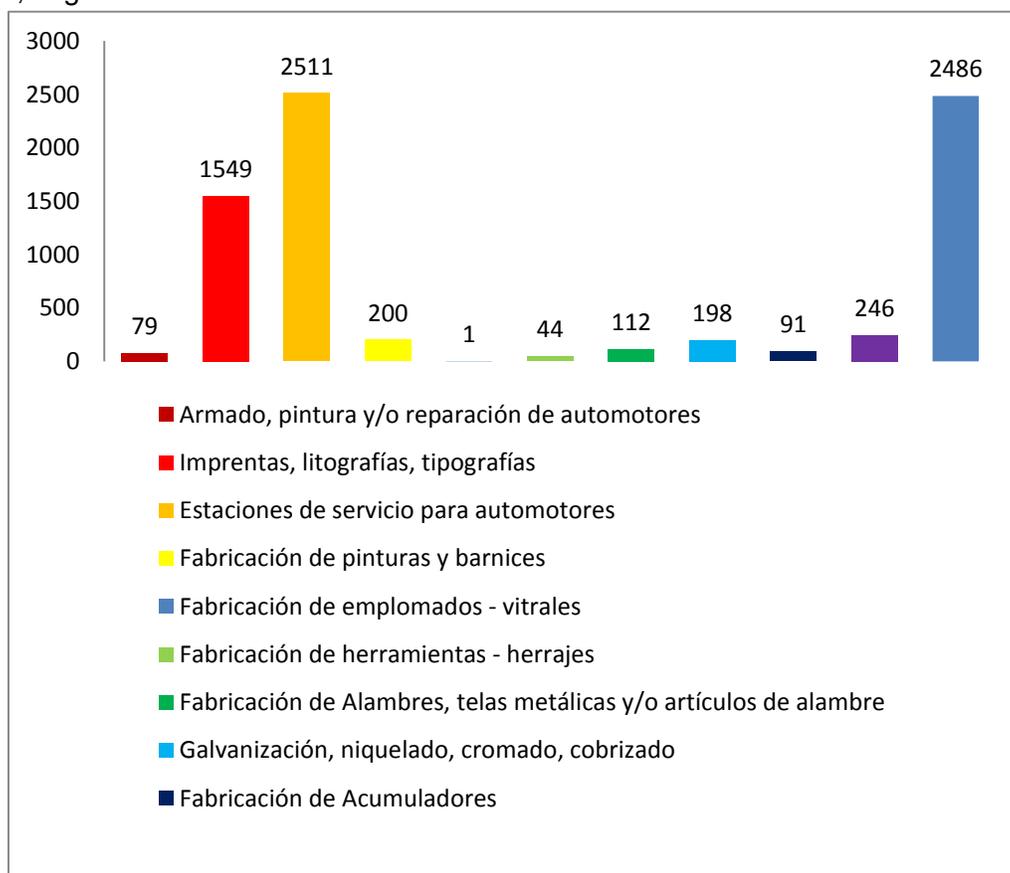
Nota Fuente: Modificado de González D, & Rojas W. Relación entre la exposición crónica ocupacional al plomo y los efectos neurocomportamentales, revisión documental [Tesis]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana;2008.

Una investigación desarrollada para evaluar la exposición a plomo en el contexto ocupacional en Colombia detectó que el 30% de las Aseguradoras de Riesgos Laborales (ARL) participantes, tenían trabajadores afiliados con riesgo de exposición al plomo, en un total de 807

empresas industriales del país, ubicadas principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Valle y Santander (Bautista, 2003). En la figura 5.5 se presentan la distribución de los trabajadores por actividad.

Como se puede apreciar, las estaciones de servicio automotriz, seguidas de las torres de petróleo y la litografía son las fuentes principales de exposición a plomo en Colombia. Sin embargo, existe una actividad que probablemente no está del todo representada en las ARL del país y es la fabricación y reciclaje artesanal de baterías. Según Cárdenas (2001) una de las fuentes principales de contaminación por plomo en Colombia proviene de la fabricación y desmantelación de baterías, que en ocasiones se lleva a cabo como un proceso artesanal y parcialmente regulado, que aumenta el riesgo de intoxicación (Cárdenas, 2001). Pese a esto, en el país no se tiene datos suficientes para evaluar la magnitud y el impacto de la exposición en el sector informal (González, 2008).

Figura 5.5. Distribución de los trabajadores con riesgo de exposición al plomo afiliado a ARP en Colombia, según actividad laboral.



Nota: Fuente: Bautista 2003.

En la tabla 5.11 se presentan los valores permitidos de plomo en las diferentes matrices de análisis.

Tabla 5.11. Valores permitidos para plomo en las diferentes matrices de análisis.

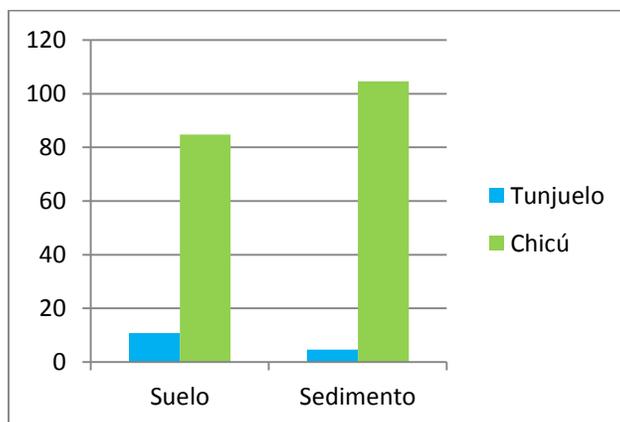
| Plomo | | |
|-------|--|------------|
| | Valor de referencia | Referencia |
| Aire | 0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Aire ambiental | EPA |
| | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Aire ocupacional | OSHA 2005 |
| Agua | 0.01 mg/L | WHO 2004 |
| | 0.015 mg/L | EPA 2002 |

Nota fuente: Adaptación de autor.

5.3.2. Plomo en agua, suelos y sedimentos

Los niveles de plomo reportados en agua varían de forma marcada de acuerdo a la zona y las características particulares de contaminación de la misma. Un estudio publicado en 2009 reportó valores de plomo en agua de río Bogotá de 0.028 mg/L en promedio (Rodríguez, 2009), mientras que en el estudio de Arias en 2003 no se detectaron niveles por encima de los permitidos (0.01 mg/L) en esta zona (Arias, 2003). En 2011 se publicaron dos investigaciones que evaluaron la concentración de metales en dos zonas distintas del río Bogotá, en aguas del río Tunjuelo y Chicú; en la zona sur y noroccidental de la capital. En las figuras 5.6 y 5.7 se presenta de forma comparativa las concentraciones detectadas en estos dos cuerpos de agua. Llama la atención una notoria y marcada concentración de plomo en suelo y sedimento en el río Chicú, hasta 20 veces mayor en comparación con el río Tunjuelo (Rodríguez, 2011; Romero, 2011).

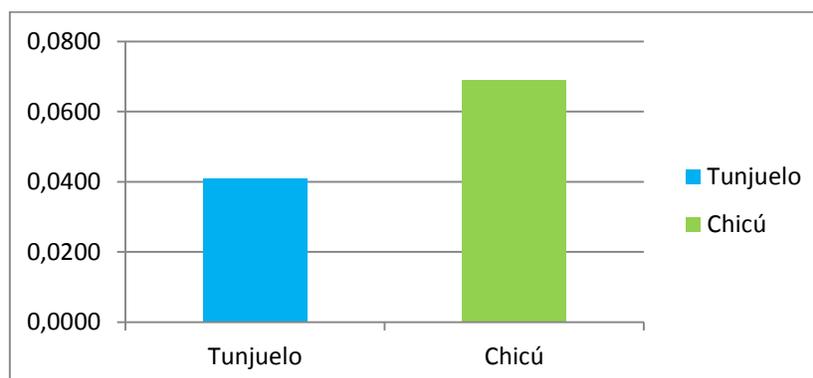
Figura 5.6. Plomo en suelo y sedimento (mg/kg) de los ríos Tunjuelo y Chicú, 2011.



Nota Fuente: Adaptado por el autor.

*Información tomada de Rodríguez 2011; Romero 2011.

Figura 5.7. Plomo en agua (mg/L) de los ríos Tunjuelo y Chicú, 2011



Nota Fuente: Adaptado por el autor.

*Información tomada de Rodríguez 2011; Romero 2011.

En el caso de las mediciones realizadas en aguas las diferencias son menos acentuadas, sin embargo persisten valores discretamente superiores para el río Chicú.

Al igual que para la medición de mercurio en agua, se realizó una recopilación de los niveles de plomo en las aguas del río Cauca. En la tabla 5.12 se presentan los resultados de tales mediciones en el periodo comprendido entre 1995 y 2008.

Tabla 5.12. Concentraciones totales de plomo por cada punto de muestreo 1995-2008.

| Punto de muestreo | Concentración total (ppb) Plomo |
|---|---------------------------------|
| Puente Hormiguero | 32.1 |
| Antes Canal CVC-Sur | 37.8 |
| Después Canal CVC-Sur | 6.84 |
| Bocatoma Puerto Mallarino | 47.7 |
| Puente Juanchito | 3.76 |
| Salida A Residuales PTAR-C | 9.94 |
| Desembocadura del río Cali en río Cauca | 27.7 |

Nota Fuente: Correa WA. Especiación del Plomo, Cromo y Cadmio con resina amberlita XAD-16 y cuantificación de Mercurio en aguas del río Cauca en Santiago de Cali por espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Santiago de Cali;2009

Tabla 5.13. Análisis de Plomo total en sedimentos.

| Estación de muestreo | 11/15/95 | | 05/22/96 | | 09/04/96 | | 07/30/97 | |
|--------------------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | mg/kg | %DSR | mg/kg | %DSR | mg/kg | %DSR | mg/kg | %DSR |
| Juanchito | 7.490 | 21.3 | 8.360 | 10.7 | 10.990 | 1.3 | 9.392 | 5.0 |
| Paso del comercio | 6.400 | 18.5 | 5.620 | 16.0 | 7.206 | 3.1 | 9.290 | 3.0 |
| Puerto Isaacs | 11.160 | 9.4 | 8.130 | 12.8 | 11.140 | 1.4 | 8.095 | 13.1 |
| Paso de la Torre | 9.610 | 14.3 | 6.330 | 9.1 | 12.550 | 1.1 | 12.940 | 1.3 |
| Vijes | 8.300 | 21.9 | 6.940 | 16.9 | 3.572 | 21.6 | 5.437 | 3.1 |
| Yotoco | 6.570 | 5.6 | 7.240 | 11.2 | 9.705 | 4.1 | 3.963 | 28.1 |
| Media Canoa | 7.713 | 6.6 | 7.639 | 5.9 | 7.570 | 3.1 | 6.725 | 1.9 |

Nota Fuente: Rada MP. Estudio y evaluación del grado de contaminación por cadmio, mercurio y plomo en aguas, peces y sedimentos del río Cauca por espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad de Valle;1998.

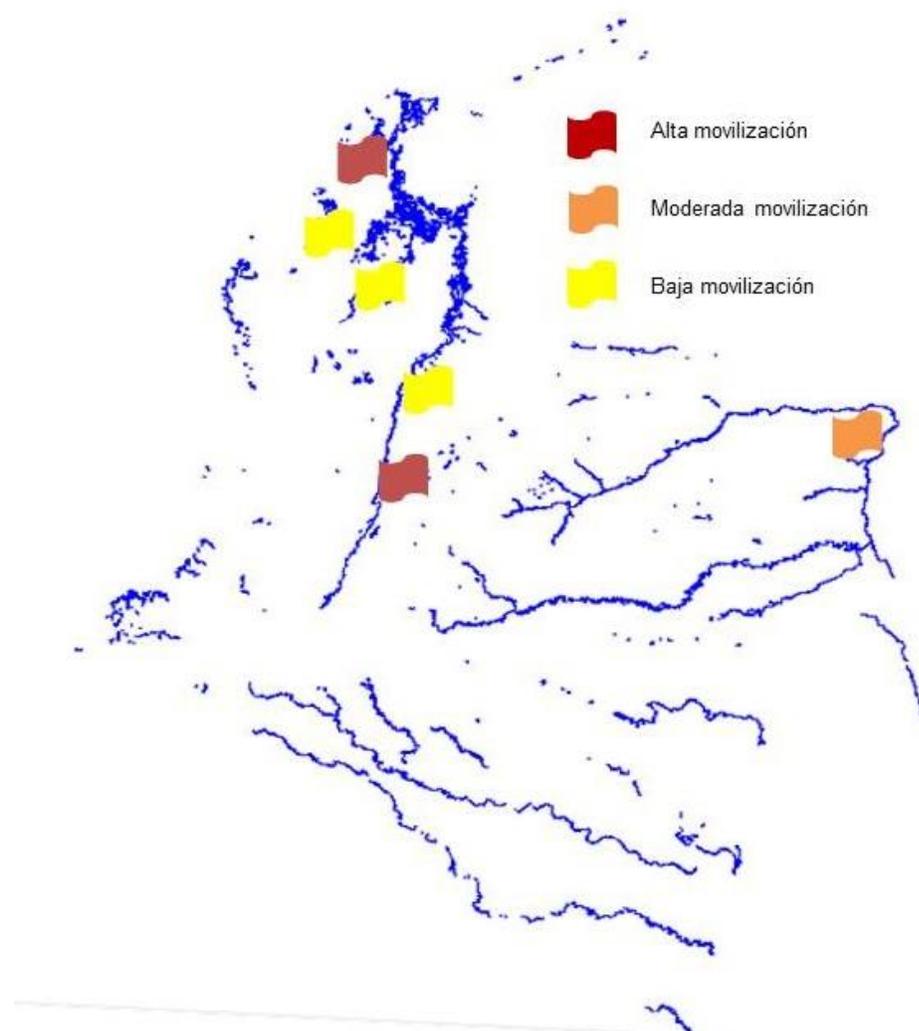
Se observa en términos generales un comportamiento irregular de los valores de plomo en agua para las diferentes épocas. Es llamativo el aumento progresivo que se hace evidente para el caso de las estaciones de monitoreo Paso de la Torre y Paso del Comercio, en el periodo comprendido entre 1996 y 1997; mientras que para la estación Juanchito los niveles han disminuido desde el año 1996 hasta la medición de abril de 2008.

Por otra parte, en la ciudad de Cali se evaluaron los lixiviados del basurero de Navarro, desarrollando un seguimiento horario. Los niveles de plomo no mostraron un incremento significativo. Solo una de las muestras presentó una elevación mínima alrededor de las 11 de la mañana (Morales, 2007).

La movilización de metales en cuerpos de agua hace referencia a la presencia y concentración de los metales en el agua de ríos, cuencas, mares, etc. En la siguiente gráfica se observan los resultados de la movilización de plomo en cuencas y ríos de Colombia.

En la figura 5.8 se presentan los resultados de una recopilación donde se determinaron las cuencas y ríos con mayor movilización y concentración de metales en Colombia. En el caso de la movilización de metales, hacen referencia a la presencia de metales pesados en aguas y suelos, como resultado de interacción de las partículas sólidas y líquidas de las zonas contaminadas.

Figura 5.8. Niveles de movilización de plomo en los ríos colombianos.

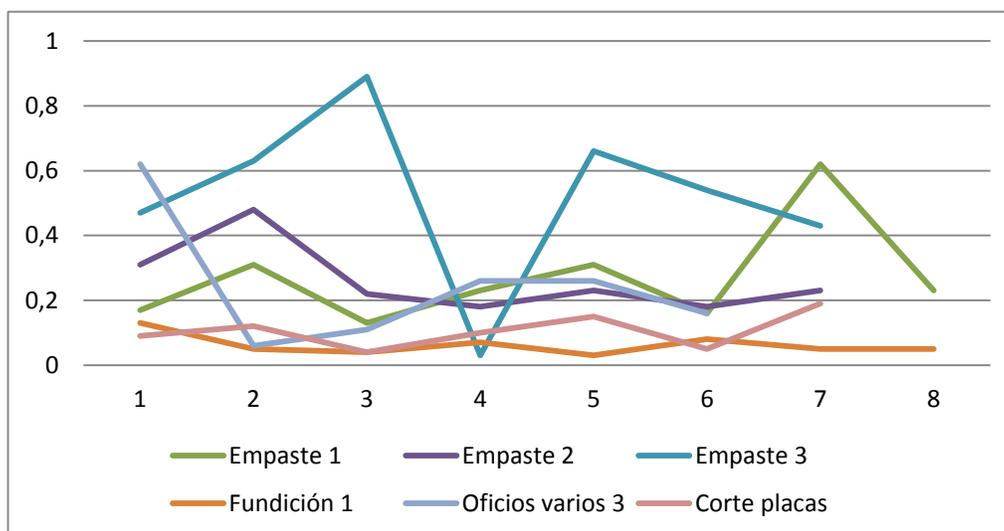


Nota Fuente: Siachoque Y. Distribución de metales en los sedimentos de diferentes cuerpos de agua de Colombia [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2001.

5.3.3. Contaminación por plomo en aire

En 2001 se publicó una investigación donde fueron evaluados los niveles de plomo en aire, teniendo en cuenta diferentes contextos ocupacionales de reciclaje y fabricación de baterías. El valor máximo detectado fue de 6.23 mg/m^3 en aire (Hernández, 2001). En la figura 5.9 se presentan los niveles encontrados en aire en diferentes muestreos expresados en el eje de las equis, teniendo como punto de comparación el oficio o sector de trabajo. La gran mayoría de los resultados exceden el valor permitido según normativas internacionales, equivalente a 0.05 mg/m^3 . En términos generales, las zonas de trabajo de empaste tienen valores consistentemente superiores de plomo en aire, seguida de la ocupación de oficios varios.

Figura 5.9. Niveles de plomo en aire (mg/m^3) en diferentes contextos de producción y reciclaje de baterías en Bogotá



Nota: Fuente: Modificado de Hernández, 2001.

La primera investigación encontrada en la literatura data de 1987 donde se evaluaron los niveles de plomo en aire de 7 talleres de mecánica automotriz, los mayores niveles alcanzados de plomo estuvieron en el aire de zonas de fundición de celdillas de batería y raspado de pintura en seco ($0.8 \text{ mg}/\text{m}^3$), siendo este valor significativamente menor para los puestos de pintura, soldadura eléctrica y fundición de bornes (Téllez, 1987).

5.3.4. Plomo en fauna y flora

Gran parte de la evaluación del impacto del plomo en los ecosistemas se ha desarrollado en peces. Estudios de gran relevancia científica han demostrado la presencia del metal en productos agrícolas de consumo humano, que han sido regados con aguas potencialmente contaminadas. En el contexto del río Bogotá, se evaluó la presencia de metales en cuatro hortalizas; el plomo superó la concentración máxima para el consumo de niños ($0.5 \mu\text{g}/\text{ml}$ según la FDA) (Miranda, 2008).

En cuanto a las concentraciones observadas en animales acuáticos, los niveles reportados para moluscos han sido de $0.18 \text{ mg}/\text{kg}$ en promedio, con un valor máximo de $1.23 \text{ mg}/\text{kg}$ en el Valle del Cauca (Marín, 1996); mientras que para peces el promedio descrito para la misma zona fue de $0.6 \text{ mg}/\text{kg}$, con promedio de 0.25 , 0.36 y 0.13 para la Lisa, Robalo y Bagre respectivamente (Marín, 1996). Por otra parte un estudio realizado en el río Bogotá evaluó la acumulación de plomo en peces (*Eremophilus mutisii*), encontrando un valor promedio de 3.4 ppm (Rodríguez, 2009).

5.3.5. Plomo en humanos

Las mediciones de niveles de plomo en humanos han sido básicamente desarrolladas en contextos ocupacionales, principalmente relacionados a la industria de baterías. Diversos estudios han determinado cómo en situaciones de actividades artesanales y poca utilización de mecanismos de protección, los niveles de contaminación por plomo son significativos.

5.3.5.1. Plomo en sangre y zinc protoporfirina eritrocitaria (ZPP). En Bogotá en 1997, se evaluaron los niveles de plomo en un grupo de trabajadores de reciclaje de baterías; la concentración de plomo en sangre fue de 108.5 ug/dL y los niveles de ZPP en sangre venosa fueron de 323 ug/dL (Martínez, 1997). En 2001, se realizó otro abordaje en una población similar detectando valores promedio de plomo en sangre y ZPP de 88 µg/dl y 136.8 µg/dl, respectivamente (Cárdenas, 2001).

Otra investigación desarrollada en fábricas de baterías en la ciudad de Bogotá reportó que 91% de los trabajadores participantes presentaban niveles de plomo superiores a 30 µg/dl, siendo los niveles más altos los correspondientes al grupo de trabajadores de fundición y empastes (Valbuena, 2001). Por otra parte, en trabajadores de la fundición en Soacha, los implementos de seguridad más frecuentemente utilizados fueron overol 73.53%, botas 67.70% y gafas 38.23%, los niveles de zinc protoporfirina promedio detectados fueron 130.09 µg/dL, con un valor mayor de 456 µg/dL (Díaz, 2009).

5.3.6. Exposición paraocupacional

La contaminación por plomo genera una preocupación particular en poblaciones vulnerables como la infancia y la mujer gestante, esto debido a las condiciones fisiológicas especiales en estas etapas, que favorecen la aparición de alteraciones de la salud, aun con niveles aceptables de exposición. Un estudio publicado en 2008, presentó la descripción de niveles de plomo en niños menores de 12 años expuestos de forma indirecta al reciclaje artesanal de baterías en Bogotá. Se encontró que el 100% de los niños presentaban niveles superiores a los valores de referencia (10 µg/dl), con un valor promedio, mínimo y máximo de 54 ± 21 , 20 y 90 µg/dl, respectivamente; de éstos el 31% presentaban cuadro compatible con intoxicación grave por plomo (Hurtado, 2004; Hurtado, 2008).

En una región costera de Colombia con diferentes fuentes de contaminación industrial aledañas, se detectaron niveles superiores a 10 µg/dL de plomo, en el 7.4% de los niños estudiados. Con un valor promedio de 5.49µg/dL y valor máximo de 21µg/dL (Olivero, 2007).

Otra investigación contempló la medición de exposición paraocupacional al plomo en diferentes fábricas de mecánica automotriz en Bogotá, todos los niveles en aire estuvieron dentro de los límites de detección. Sin embargo, 20% de los niños familiares de trabajadores presentaron niveles de plomo en orina superiores a 50 µg/L (Téllez, 1987).

En el contexto del embalse de Muña se determinaron niveles de plomo en la población, encontrando un promedio de plomo en sangre de 0.008 $\mu\text{g/dl}$ dentro de límites de normalidad (Combariza, 2009; Sánchez, 2010). No obstante, se encuentra asociación significativa entre el lugar de residencia respecto al cuerpo de agua y los niveles de plomo en sangre (Combariza, 2009). En la tabla 5.14 se presentan los valores.

Tabla 5.14. Niveles de plomo en sangre de la población del embalse de Muña de acuerdo a su zona de residencia respecto al embalse.

| Ubicación | Media de pb en sangre ($\mu\text{g/dl}$) | Desviación estándar | Valor de p |
|-----------|--|---------------------|------------|
| Ribereño | 0.012 | 0.06 | 0.001 |
| Cercano | 0.008 | 0.05 | |
| Lejano | 0.008 | 0.04 | |

Nota Fuente: Adaptado por el autor.

*Datos tomados de Combariza DA. Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibaté (Cundinamarca) 2007 [Tesis] Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2009.

5.3.7. Plomo y efectos sobre la salud

Los efectos del plomo sobre la salud incluyen alteraciones a nivel hematológico, neurológico, cardiovascular y renal principalmente. Dentro de las alteraciones neurológicas relacionadas, se han descrito, compromiso de la memoria a largo plazo, alteraciones del habla, alteraciones visuales, compromiso de la atención auditiva, entre otros. (González, 2008). Estos hallazgos fueron reportados en Colombia por Patiño y colaboradores (1999). En la tabla 5.15 se presenta la prevalencia de síntomas generales y neurológicos evaluados en población expuesta a plomo en estudios nacionales.

Tabla 5.15. Prevalencia de síntomas detectados en poblaciones expuestas a plomo.

| Síntomas | Autores | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------|
| | Martínez et al 1997 | Cárdenas et al 2001 | Hurtado et al, 2008** | Díaz et al, 2009 |
| Cefalea | 43.10 | 41.4 | 25 | 13.23 |
| Dolor abdominal | 33 | 24.1 | 41 | |
| Visión borrosa | | 23.3 | | |

| | |
|---------------------------------|------------|
| Hiporexia | 59 |
| Ribete de Burton | 22 |
| Parestesias miembros superiores | 20.7 42.65 |
| Mialgias | 29.41 |
| Temblores | 27.94 |
| Pérdida de fuerza | 16.18 |
| Calambres | 16.18 |
| Parestesias miembros inferiores | 16.18 |
| Pérdida de memoria | 11.76 |
| Irritabilidad | 10.29 |
| Dificultad en la concentración | 7.35 |
| Insomnio | 25 1.47 |
| Palidez mucocutánea | 29 |
| Irritación de garganta y ojos | 27.6 |

Nota Fuente: Adaptación del autor.

*Los datos fueron tomados de los siguientes autores Martínez et al 1997; Cárdenas et al 2001; Hurtado et al, 2008**; Díaz et al, 2009

**Población pediátrica

En cuanto a la signos clínicos de población expuesta, se ha reportado como hallazgos principales, anemia en el 31% (Martínez, 1997) y 29.3% (Olivero, 2007) en niños. Así como alteración en adultos, de la sensibilidad de nervios periféricos en 44.12%, trastornos motores 44.06%, alteraciones de la fuerza 14.71%, (Díaz, 2009). De acuerdo con la exposición y si se trata de un efecto agudo o crónico, en el primero priman los efectos hematológicos y en el segundo caso los efectos a nivel neurológico central y periférico.

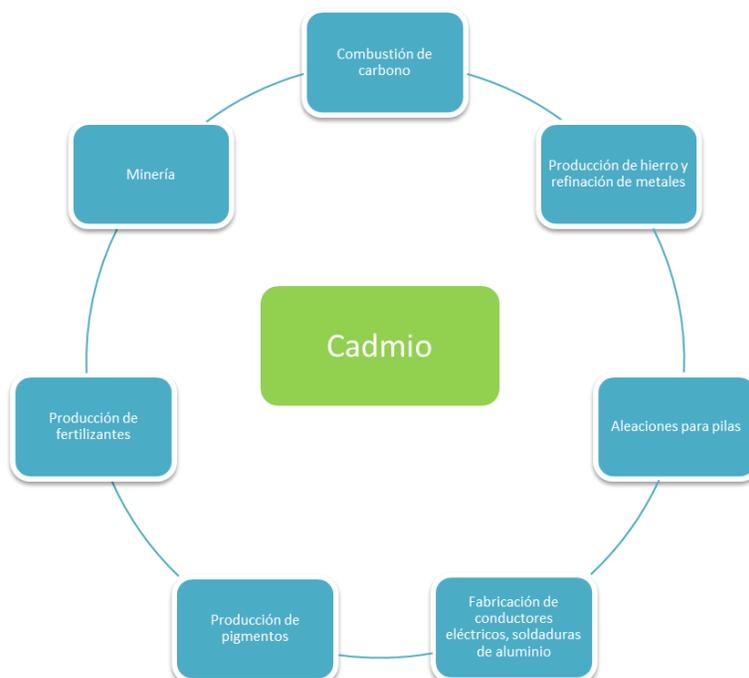
Por otra parte, un estudio reportado de 1993 evidenció cambios en el espermograma de sujetos expuestos a plomo, fundamentalmente caracterizados por disminución en el conteo de espermatozoides, reducción la movilidad promedio y las formas normales (Brome, 1993).

El plomo es un metal que genera impacto en la salud y en el ecosistema a partir de fuentes antropogénicas, básicamente en relación con el uso de plomo en baterías y litografía. Dada la persistencia de procesos artesanales de reciclaje y desmantelamiento de baterías, existe un alto riesgo de compromiso por el metal en poblaciones vulnerables, especialmente en las edades de la infancia, así como ha sido evidente en los estudios mencionados con anterioridad. Teniendo en cuenta el alto impacto del plomo sobre la salud y sobre el niño desde la etapa prenatal, el plomo debe ser considerado como otro asunto eminente de la salud ambiental.

5.4. Cadmio

El cadmio es un subproducto de diferentes procesos industriales tales como la refinación de metales y fabricación de abonos, entre otros. Sin embargo, la principal fuente de exposición al cadmio es el tabaco y la dieta (ATSDR, 2008). En la figura 5.10 se listan las actividades relacionadas con la contaminación ambiental por cadmio. Colombia es alrededor del cuarto país en América Latina importador de productos que contienen cadmio y las cifras de estas importaciones se han mantenido estables durante los últimos años (PNUMA, 2010).

Figura 5.10. Actividades relacionadas con la contaminación ambiental por cadmio.



Nota Fuente: Autor

*Modificado de Posada 2005; Siachoque 2001.

Los niveles de contaminación por cadmio han sido evaluados en los diferentes ecosistemas mediante mediciones en agua, sedimento y suelos. En el caso de los suelos y los sedimentos, el cadmio tiene la propiedad de absorberse a valores de pH neutro o alcalino (Bonilla, 1991), teniendo una excelente movilidad en comparación con otros metales (Parra, 2008).

5.4.1. Exposición a cadmio

En relación con el río Bogotá existen una serie de municipios y sectores aledaños que se surten de agua directamente del río, la cual emplean para sus labores domésticas en el hogar y para la preparación de alimentos. En el caso del barrio Brisas de Bogotá se reportó que el 99.2% de la población encuestada utilizaba agua del río para estos fines (Sánchez, 2010).

Dos estudios publicados en 2011 evaluaron las concentraciones de cadmio en agua, sedimento y suelos de dos sectores correspondientes a las zonas alta y baja del río Bogotá. En las figuras 5.11 y 5.12 se presentan los valores promedio comparativos de los dos estudios.

En la tabla 5.16 se presentan los límites actualmente aceptados para la exposición a cadmio.

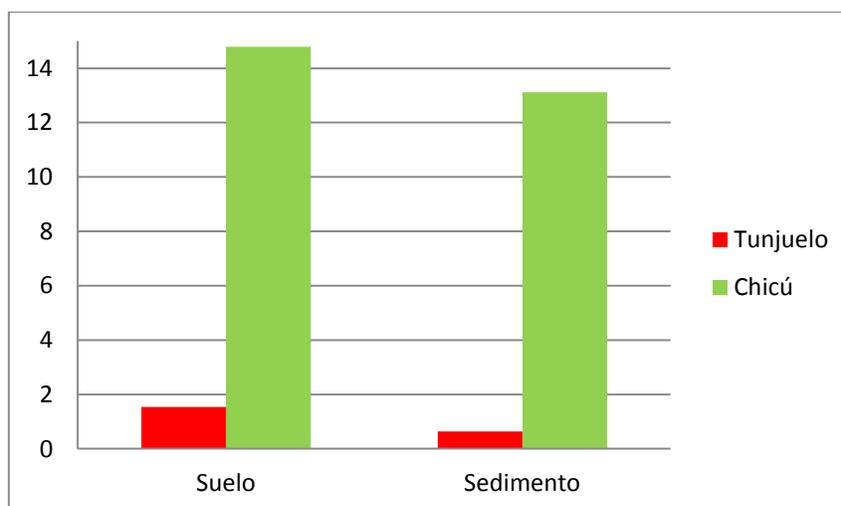
Tabla 5.16. Límites aceptados para la exposición a cadmio.

| Cadmio | | |
|--------|---------------------|------------|
| | Valor de referencia | Referencia |
| Aire | 5 ng/m ³ | WHO 2000 |
| | 5 µg/m ³ | OSHA 2007 |
| Agua | 0.003 mg/L | Who 2004 |

Nota Fuente: Adaptación del autor.

*Datos tomados de: WHO 2000; OSHA 2007; Who 2004

Figura 5.11. Cadmio en suelo y sedimento (mg/kg) de los ríos Tunjuelo y Chicú 2011.

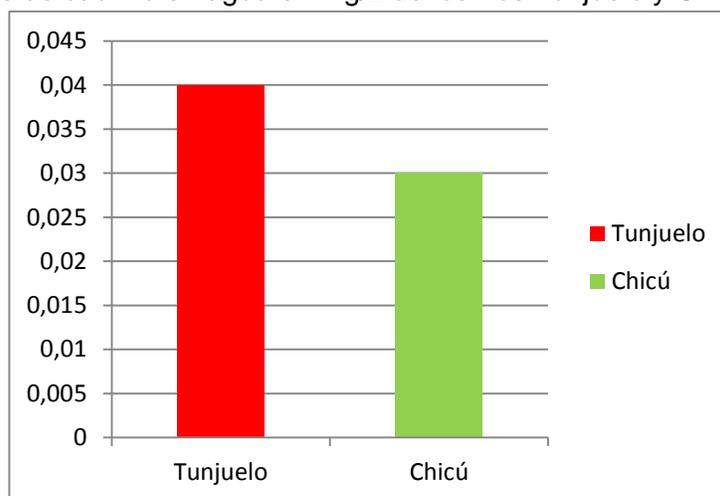


Nota Fuente: Adaptado por el autor.

*Información tomada de Rodríguez 2011; Romero 2011.

Para el caso del río Tunjuelo se encontraron valores de suelo en su mayoría por encima de los valores normados, con un valor máximo de 1.12 mg/kg. Los valores de sedimento se encontraron dentro de límites normales, mientras que los niveles de agua estuvieron aumentados en la mitad de los puntos donde se tomaron muestras (Valor de referencia para agua de 0.003 mg/L) (Rodríguez, 2011).

Figura 5.12. Valores de cadmio en agua en mg/L de los ríos Tunjuelo y Chicú 2011



Nota Fuente: Adaptado por el autor.

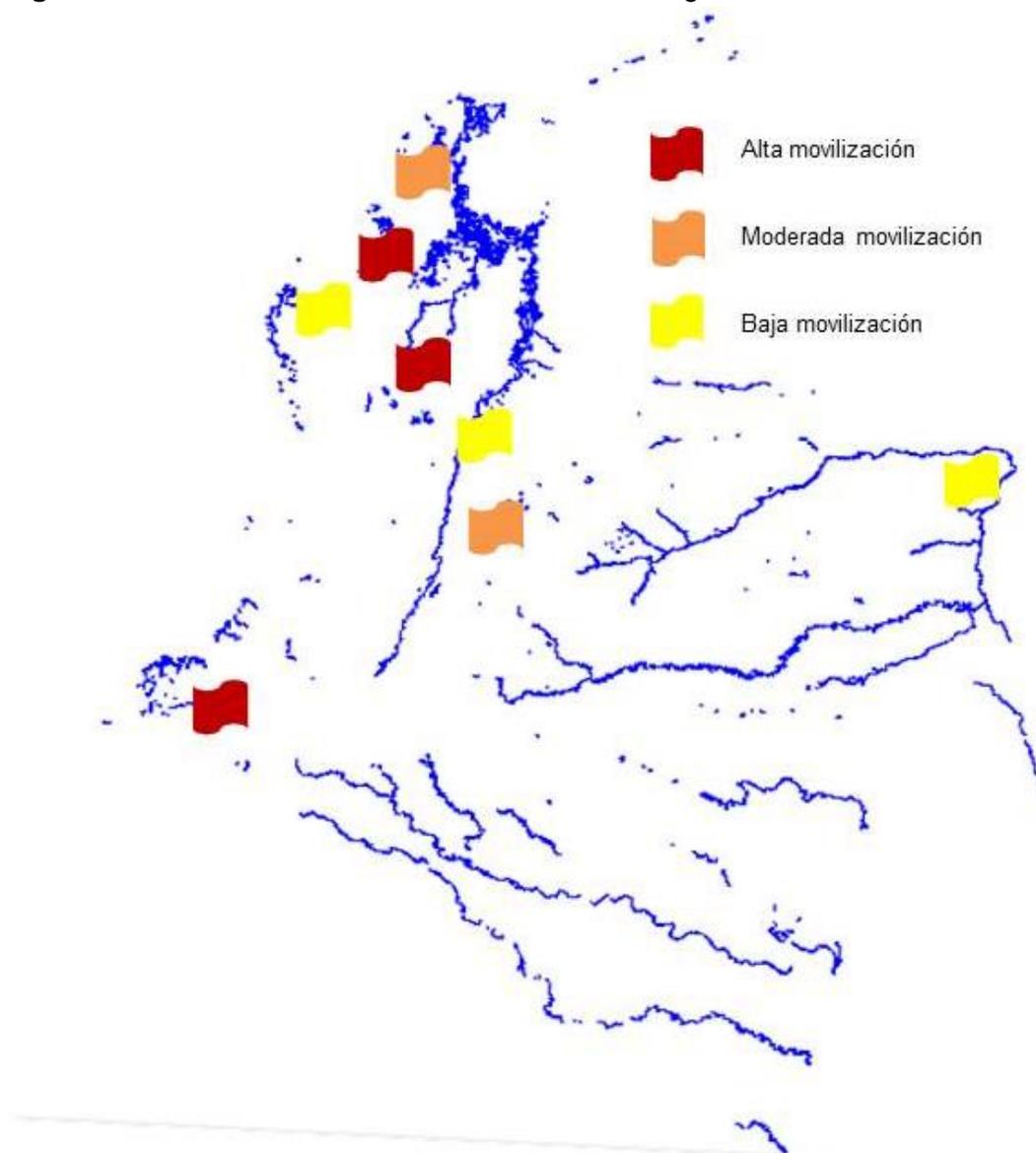
*Información tomada de Rodríguez 2011; Romero 2011.

En el caso del río Chicú, los niveles de cadmio en agua, suelo y sedimento se encontraron muy por encima de los niveles aceptados presentados anteriormente, con un valor máximo para el agua de 16.66 mg/L en uno de los puntos de muestreo, así como de 23,33 mg/kg.

En el caso de suelo. (Romero, 2011). Llama la atención la diferencia tan marcada para los valores de suelo y sedimento en los dos sectores.

Según Siachoque (2001) los niveles de afectación o movilización de cadmio en los sedimentos de ríos Colombianos son los presentados en la figura 5.13. La movilización hace referencia a las concentraciones del metal alcanzados en las diferentes zonas de acuerdo a la dinámica de arrastre que lleva el metal en suelos y aguas de la región. Estudios de agua y sedimento desarrollados en otras regiones del país, como Tangua Nariño y el Canal Navarro del río Cauca, no han evidenciado presencia de niveles elevados de cadmio (Arias 2003; Baena 2005; Insuasty, 2006).

Figura 5.13. Niveles de movilización de cadmio en algunos ríos colombianos.



Nota Fuente: Adaptado por el autor.

*Datos tomados de de Siachoque Y. Distribución de metales en los sedimentos de diferentes cuerpos de agua de Colombia [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2001.

En la tabla 5.17 y 5.18 se presenta la evolución temporal de los niveles de cadmio detectados en los puntos de monitoreo del río Cauca.

Tabla 5.17. Cadmio en aguas del río Cauca según punto de monitoreo 1995-2008.

| Estación de muestreo | 11/15/95 | | 05/22/96 | | 09/04/96 | | 07/30/97 | |
|----------------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | mg/kg | %DSR | mg/kg | %DSR | mg/kg | %DSR | mg/kg | %DSR |
| Juanchito | 6.344 | 37.2 | 2.177 | 3.0 | 4.043 | 4.9 | 1.623 | 6.5 |
| Paso del comercio | 7.212 | 5.9 | 1.994 | 4.7 | 3.785 | 26.2 | 1.461 | 6.1 |
| Puerto Isaacs | 7.660 | 16.9 | 2.108 | 5.5 | 3.994 | 20.5 | 1.602 | 7.3 |
| Paso de la Torre | 3.924 | 3.2 | 2.020 | 10.2 | 3.590 | 24.2 | 1.511 | 10.4 |
| Vijes | 8.644 | 3.0 | 2.292 | 30.4 | 3.878 | 13.2 | 1.612 | 4.7 |
| Yotoco | 12.776 | 4.8 | 2.029 | 5.6 | 3.756 | 16.6 | 1.360 | 14.8 |
| Media Canoa | 5.454 | 2.6 | 4.240 | 15.9 | 2.534 | 5.5 | 3.496 | 5.0 |

Nota Fuente: Rada MP. Estudio y evaluación del grado de contaminación por cadmio, mercurio y plomo en aguas, peces y sedimentos del río Cauca por espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad de Valle;1998.

Tabla 5.18. Concentraciones totales de Cadmio por cada punto de muestreo 1995-2008.

| Punto de muestreo | Concentración total (ppb) |
|---|---------------------------|
| Puente Hormiguero | 4,86 x 10 ⁻² |
| Antes Canal CVC-Sur | 0,173 |
| Después Canal CVC-Sur | 8,86 x 10 ⁻² |
| Bocatoma Puerto Mallarino | 0,142 |
| Puente Juanchito | 0,108 |
| Salida A Residuales PTAR-C | 8,20 x 10 ⁻² |
| Desembocadura del río Cali en río Cauca | 7,50 x 10 ⁻² |

Nota Fuente: Correa WA. Especiación del Plomo, Cromo y Cadmio con resina amberlita XAD-16 y cuantificación de Mercurio en aguas del río Cauca en Santiago de Cali por espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Santiago de Cali;2009

El comportamiento observado para los puntos de monitoreo de Yotoco, Vijes, Paso del Comercio y Juanchito es muy semejante, inicia con valores altos para noviembre de 1995, seguido de una caída en los valores para mayo de 1996 y una elevación discreta en septiembre del mismo año, seguida de una disminución en la concentración. En el caso de Media Canoa y Paso de la Torre, los niveles iniciaron también como el valor máximo descrito en la serie de tiempo, seguido por una caída para mayo de 1996 y un aumento progresivo desde este punto.

5.4.2. Estudios de cadmio y efectos en la salud

En una investigación conducida con población expuesta a aguas contaminadas del río Bogotá, no se mostraron niveles de cadmio superiores a los aceptados por la normatividad internacional (<5 µg/L). El valor promedio de cadmio en sangre fue de 14.2 nmol/L para la muestra total con un rango entre 3 y 54.9 nmol/L (Combariza, 2009). Un único estudio

encontrado en la literatura científica, evalúa efectos sobre la salud humana en Colombia; fue una investigación publicada en 1996 donde se buscó relacionar la exposición crónica a cadmio en población con consumo directo de agua del río Magdalena. Se encontraron niveles de cadmio en orina superiores a 1 μmol Cd/mol creatinina en el 82% de los individuos estudiados; detectando una asociación significativa entre los niveles de cadmio en orina y la alteración de pruebas de función renal; con un riesgo de alteración renal, caracterizada por la microalbuminuria, dos veces mayor en los sujetos expuestos, en comparación con el control (Aroca, 1996).

El cadmio es una sustancia tóxica pobremente descrita dentro del escenario colombiano. Es posible que su impacto ambiental y efectos estén subestimados a expensas del pobre control y seguimiento del mismo a nivel nacional.

5.5. Cromo

En Colombia la exposición al cromo es principalmente de origen industrial. Las principales actividades de riesgo relacionadas con la exposición a cromo son el refinado de cromo, la industria del cuero y calzado, industria cementera, artes gráficas, entre otras (Téllez et al, 2004).

Una de las fuentes frecuentes de exposición al cromo son las fábricas de curtiembres, que comprenden la manipulación de pieles animales y su modificación con fines industriales. Se calcula que en el país existen 800 empresas con esta finalidad (Téllez et al, 2004), dentro de las cuales los proceso de manipulación implican actividades artesanales, con pobre protección e inadecuada destinación de residuos, lo cual aumenta el riesgo de exposición directa e indirecta a cromo en el contexto ocupacional y paraocupacional.

La situación anteriormente mencionada se hace evidente en sectores como Tunjuelito y el barrio San Benito, en Bogotá, donde se ubica la gran mayoría de fábricas de la región y donde la disposición inadecuada de desechos a los cuerpos de agua cercanos, agrava el escenario de contaminación (Téllez et al, 2004). Por otra parte, un estudio realizado en 1995 destinado a evaluar los niveles de cromo en sedimento del río Cauca determinó una concentración promedio de 16.21 mg/kg en una fracción de 150 a 400 μm . Variando el punto de muestreo con valores más elevados, según la época del año (Marulanda, 1997). El valor promedio anterior se encuentra dentro de los parámetros de referencias para la protección de la vida acuática 370 mg/kg (Long et al, 1995). Una de las fuentes de contaminación del río Cauca son los lixiviados provenientes del basurero de Navarro el Cali, los cuales en épocas húmedas se desplazan hacia las aguas del río. A continuación se presenta la evolución de las concentraciones de cromo las aguas del río cauca (Tabla 5.19).

El comportamiento de todos los puntos de monitoreo sigue un patrón que inicia con valores más bajos para noviembre de 1995, seguido de aumento para mayo de 1996 y

descenso progresivo desde la fecha. Los niveles más elevados, se hicieron evidentes en Juanchito en mayo del 96. Los puntos de Puerto Isaacs y Paso del Comercio alcanzaron el valor máximo en el control de septiembre del año en mención.

Tabla 5.19. Cromo (ppb) en aguas del río Cauca según punto de monitoreo 1995-2008.

| Punto de muestreo | Concentración total (ppb) |
|---|---------------------------|
| Puente Hormiguero | 9,33 |
| Antes Canal CVC-Sur | 12,4 |
| Después Canal CVC-Sur | 10,8 |
| Bocatoma Puerto Mallarino | 5,91 |
| Puente Juanchito | 7,76 |
| Salida A Residuales PTAR-C | 6,52 |
| Desembocadura del río Cali en río Cauca | 36,6 |

Nota Fuente: Correa WA. Especiación del Plomo, Cromo y Cadmio con resina amberlita XAD-16 y cuantificación de Mercurio en aguas del río Cauca en Santiago de Cali por espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Santiago de Cali;2009

Tabla 5.20. Concentración de Cr^{VI} en los sedimentos del río Cauca.

| Estación | Cr ^{VI} (mg/kg) enlazado a materia orgánica. | Cr ^{VI} (mg/kg) en la fracción residual. |
|-------------------|---|---|
| Navarro | 0.00 | 0.53 |
| Hormiguero | 0.24 | 0.45 |
| Juanchito | 0.75 | 0.91 |
| Paso del comercio | 0.45 | 0.86 |
| Puente Isaacs | 0.66 | 0.75 |
| Vijes | 0.09 | 0.52 |
| Media Canoa | 0.30 | 1.05 |

Nota Fuente: Muñoz MC. Evaluación del grado de contaminación del río Cauca mediante especiación geoquímica del Cromo en sedimentos [Tesis]. Santiago de Cali;1999.

En 2006, se evaluó el comportamiento del cromo en los suelos aledaños al basurero de Navarro en Cali, llamando la atención una escasa variabilidad de las concentraciones de cromo al evaluar diferentes niveles de profundidad en el suelo. Lo anterior es sugestivo de que puede existir una fuente natural subterránea como principal fuente de contaminación de dichos suelos (Salazar, 2006).

Así mismo, diferentes estudios reportados en la literatura colombiana se han encargado de describir los efectos de toxicidad del cromo total sobre plantas acuáticas (Correa 2003; Posada, 2005), sin embargo son pocos los estudios relevantes que evalúan la exposición directa en humanos.

5.5.1. Estudios de cromo y efectos en la salud

El cromo se encuentra en diferentes grados de oxidación, siendo el cromo VI la forma más tóxica, produciendo efectos cancerígenos, genotóxicos, entre otros, los cuales han sido pobremente estudiados en nuestro país. En la actualidad encontramos en la literatura disponible dos artículos científicos que buscan evaluar efectos en la salud por la exposición al cromo. Un estudio realizado en 2005 en una población de un sector industrial principalmente caracterizado por curtiembres, evaluó en una muestra superior a 800 sujetos la exposición ocupacional a cromo y sus efectos sobre la salud, detectando niveles promedio de cromo en orina 5.30 µg/L, con un valor máximo de 399 µg/L. En la actualidad, se acepta un valor máximo de 10 µg/L para la población general y 20 µg/L para la población ocupacionalmente expuesta. Como dato relevante la proporción de individuos con niveles superiores a 10 µg/L fue mayor en la población general con exposición paraocupacional en comparación con los trabajadores (9.5 vs 7%) (Cuberos et al, 2009). Así mismo, la proporción de individuos con niveles de cromo en orina superiores a 20 µg/L fue de 4.4 y 3.2% respectivamente. Lo anterior lleva a pensar acerca de las condiciones de exposición paraocupacional que comprometen a la población de esta zona. Así mismo en el estudio encontraron una asociación significativa entre el hecho de residir en la zona y los niveles de cromo en orina, no encontrándose relación directa con la distancia en metros de la vivienda a la zona de desechos industriales (Cuberos et al, 2009).

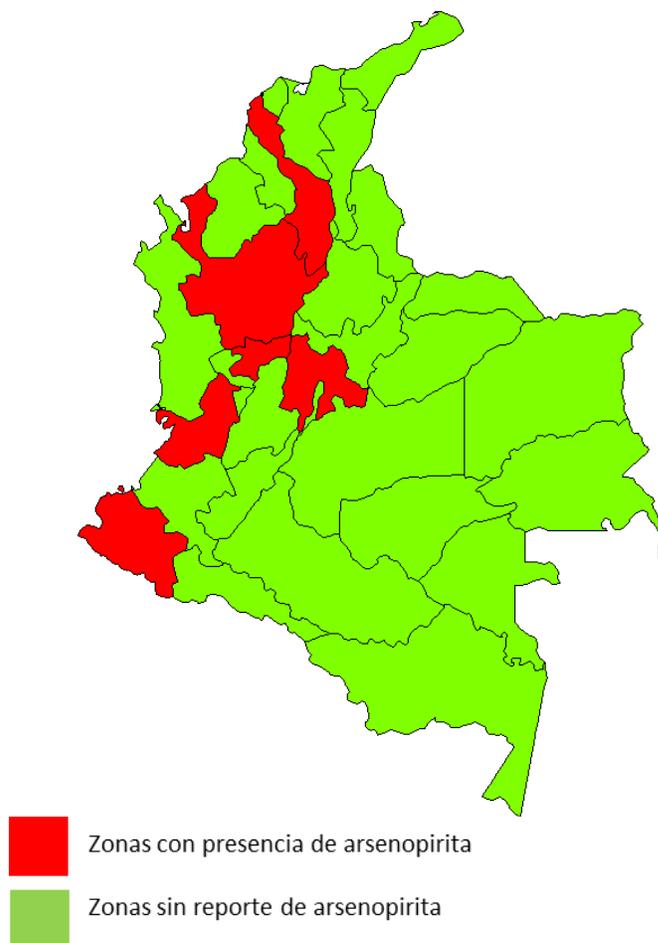
Otra investigación desarrollada en el mismo sector y publicada en 2008, evaluó un grupo de individuos trabajadores de la industria de curtiembres en cuanto a los valores de cromo en sangre, el 16.66% de los sujetos a estudio presentó niveles en sangre superiores a 30 µg/L, nivel máximo permitido, llamando la atención la baja utilización de mecanismos adecuados de protección en la población participante. Al evaluar las enfermedades oculares, no se encontró relación significativa con la exposición al metal (Suarez et al, 2008), pese a esto es importante resaltar el tamaño muestral limitado de esta investigación.

En cuanto a los efectos sobre la salud reportados en Colombia, en el estudio mencionado de 2005 se detectó que el 34.3% de los sujetos presentaba alteraciones sobre la salud que podían guardar alguna relación con la exposición al metal. Con una frecuencia de exposición a cromo cuatro veces mayor en aquellos individuos con enfermedades relacionadas al metal, en comparación con aquellos sujetos sanos o con alteraciones no relacionadas. Las alteraciones clínicas más frecuentemente presentadas fueron la hipertrofia de cornetes e irritaciones de mucosas y dermis (Cuberos et al, 2009).

5.6. Arsénico

La contaminación de las aguas por arsénico ha sido detectada en la mayoría de los países latinoamericanos, detectando niveles elevados de arsénico en agua principalmente en la cordillera de los Andes. En Colombia, en diferentes departamentos con actividad minera se ha evidenciado presencia de Arsenopirita (Figura 5.14), sin existir evaluaciones publicadas de niveles de arsénico en agua para todas las zonas descritas. (Bundschuh et al, 2012).

Figura 5.14. Regiones de Colombia con presencia de Arsenopirita



Nota: fuente: Bundschuh et al, 2012.

En 1997 se publicó un estudio desarrollado en la bahía de Barbacoas en el departamento de Bolívar, se evaluaron niveles de nueve metales en aguas de la zona. Para el arsénico se reportaron niveles promedio de $500 \pm 120 \mu\text{g/L}$ en la bahía. Sin embargo, en aguas del Canal del Dique los niveles fueron inferiores al valor de detección (Mazo et al, 1997). Así mismo, en un sector de la planta de potabilización de agua que surte el acueducto de la ciudad de Cali, se ha descrito aumento de los niveles de arsénico en agua, principalmente debidos a fuentes naturales y a descargas industriales realizadas en la zona. En 1999 se publicó un estudio que reportó los niveles de arsénico en lodos provenientes de dichas plantas. Los niveles reportados oscilaron entre 1 a $43 \mu\text{g/ gramo}$ (Orduña, 1999).

Otro estudio realizado en aguas subterráneas que surten el acueducto de Bucaramanga en el departamento de Santander, donde se provee en su totalidad el agua potable y consumible de la región, se detectaron niveles de arsénico de 0.004 mg/L en Pozo Grande y 0.003 mg/L en Pozo Bucarica, inferiores al valor permisible (0.01 mg/L) (Cacua, 2004). Los

niveles de arsénico han sido estudiados en relación con la minería; en el municipio de Guachavez, Nariño, se describió en el año 2007 la presencia de arsenopirita (Bustos et al, 2007). Hallazgos similares se presentaron en el estudio de seis distritos mineros de Antioquia, Bolívar, Caldas y Nariño (Prieto et al, 1998).

Un estudio pionero que evaluó la concentración de trazas de metales en carbón en Colombia detectó niveles bajos de metales como el mercurio, plomo y cadmio, con altos niveles de arsénico contenidos en el carbón (Morales, 2007). No se detectaron otras referencias nacionales disponibles que evalúen la exposición al metal en ecosistemas o particularmente en humanos.

5.6.1. Estudios de arsénico y efectos en la salud

En la literatura disponible por revistas electrónicas nacionales e internacionales, así como parte de la revisión de los trabajos de grado desarrollados en las universidades colaboradoras con el diagnóstico actual, no se detectaron artículos científicos relacionados con los efectos de la salud del arsénico en Colombia. En la búsqueda con las palabras claves “Arsenic” AND “Colombia” se encontraron en la Biblioteca Virtual de Salud (BVS) 10 artículos de los cuales 1 es relevante para el tema, no relacionado con efectos en la salud. En Medline se realizó la búsqueda con los mismos parámetros, encontrando 6 artículos de los cuales 2 son relevantes y ninguno trata de exposición en humanos y salud.

Un reporte de caso, de una mujer de 69 años con antecedente de consumo de solución Fowler por un periodo prolongado, la cual contiene arsenito de potasio, fue publicado en 2011. La paciente presentó un porocarcinoma ecrino asociado a dos carcinomas de células basales en piel. Otro reporte de caso con iguales características de exposición fue descrito en 2005 en Taiwán (Chen et al, 2005), sin embargo, no existe evidencia contundente de su asociación como cancerígeno para esta patología.

5.7. Flúor

El flúor es un elemento halógeno que ha tenido relevancia en la historia de la salud pública a nivel mundial, particularmente en el área de la salud oral; lo anterior debido a que a dosis bajas tiene acción preventiva contra la caries dental, por lo que se ha convertido en una herramienta de prevención masiva de caries. En la búsqueda por garantizar la fluoración y la cobertura de esta medida en Colombia, se inició en el año 1953 la fluoración universal del agua, sin embargo, la cobertura inicialmente alcanzada fue del 40% en promedio (Ríos et al, 2001). En los siguientes años y como una alternativa a la fluoración del agua se implementó la fluoración en la sal de consumo humano; desde entonces existe una serie de medidas desde la política pública para la regulación de la fluoración masiva las cuales han sido discutidas (Martínez E et al, 2007a).

En 2001 se realizó una revisión del sistema de vigilancia epidemiológica que regulaba la fluoración de la sal en Colombia, detectando ausencia en la coordinación de las directrices y normativas relacionadas con la determinación y valores permitidos de fluoración en la sal del país (Ríos et al, 2001). La última versión mejorada del Protocolo Nacional de Vigilancia y Control Centinela de la Exposición a Flúor, fue publicado por el Instituto Nacional de Salud en 2011, con el objetivo de estandarizar los procesos de recolección, notificación, análisis y divulgación relacionados con la exposición a flúor y sus efectos sobre la salud oral (Misnaza, 2011). Las fuentes principales de exposición a flúor consideradas comprenden las sustancias fluoradas como el agua, la sal y la crema dental, además de la exposición directa a la sustancia en odontología.

5.7.1. Flúor en sal de consumo humano

Una interesante investigación realizó una descripción comparativa de los niveles de flúor en la sal de consumo humano en Colombia en el periodo comprendido entre 1992 y 2004; las conclusiones permiten ver una mejoría a través del tiempo en cuanto a la calidad química y el cumplimiento de los parámetros regulados para evitar efectos nocivos sobre la salud humana (Bonilla et al, 2006). La proporción de niveles de flúor en sal ha sido evaluada en diferentes regiones. En Sucre el 8.2% de las muestras presentaban niveles superiores a 220 ppm (Consuegra et al, 1997), mientras que en la ciudad de Cartagena el 8.11 y 16.13%, para 1994 y 1995, presentaron niveles superiores a este valor (Álvarez, 2009). En la ciudad de Bucaramanga un reporte de 2003 detectó niveles oscilantes entre 180 y 220 ppm en el 60% de los casos (Ortega et al, 2003). Por otra parte, una investigación desarrollada para evaluar la fluorosis en niños realizada en 2003 y publicada en 2006, mostró que alrededor del 60% de las muestras de sal evaluadas tenían valores superiores de acuerdo con los parámetros regulados para consumo (Ramírez et al, 2006).

5.7.2. Flúor en agua de consumo humano

De igual forma, otras investigaciones han sido dirigidas a evaluar los niveles de flúor en agua. En la investigación previamente mencionada de Ramírez y colaboradores (2006), todas las muestras evaluadas de agua de consumo estuvieron dentro de rangos aceptados (<1.5mg/L), mientras que en la ciudad de Bucaramanga, en una evaluación de agua fuente del acueducto de la ciudad, en Pozo Bucarica, se detectaron niveles en el límite superior (1.51 mg/L) (Cacua, 2004).

5.7.3. Flúor en cremas dentales

Otra de las fuentes de exposición a flúor es la crema dental. Un estudio realizado en la ciudad de Medellín demostró que más del 80% de los niños empleaban crema para adultos para el cepillado de dientes rutinario, con mayor ingesta accidental de crema en el grupo de 1 a

3 años (González et al, 2010). En promedio, las cremas dentales comunes para adultos pueden tener valores de hasta 1500 ppm y para niños menores de 6 años no se recomiendan valores superiores a 600 ppm (Agudelo et al, 2005).

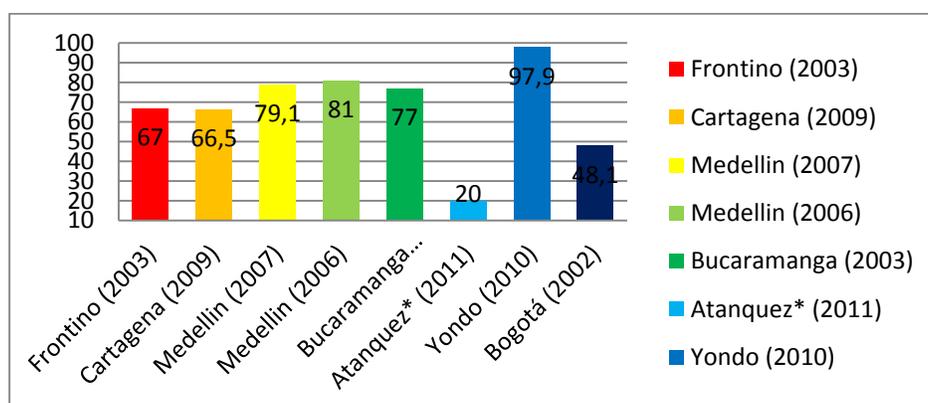
Además, un porcentaje elevado de niños no tiene supervisión cercana de sus padres durante el cepillado dental y usa cantidades elevadas para cada cepillado (González et al, 2010; Arrieta et al, 2011). La ingestión de crema dental de los niños durante el cepillado oscila entre 33 a 52% en los diferentes estudios mencionados, pudiendo ser un valor subestimado. Un estudio en Medellín demostró que el 70.2% de las cremas usadas por niños tienen niveles de flúor superiores a 500 ppm (Ramírez, 2011).

5.7.4. Estudios de flúor y efectos en la salud

La relación entre el flúor y la salud humana depende de la dosificación y de la edad a la cual se reciben las diferentes dosis del fluorado, lo que condiciona el riesgo y el beneficio de su uso. Para dosis bajas como las propuestas para la fluoración del agua por ejemplo (0.2 a 1.5 mg/L), se obtienen efectos positivos sobre la salud con optimización de la salud oral de la población; sin embargo, en el caso opuesto de recibir una cantidad de flúor de forma crónica, no puntual o en niveles superiores a los permitidos (1.5 mg/L en agua o en crema dental 600 ppm), aumenta el riesgo de alteraciones odontológicas en la infancia. En el contexto anterior se han desarrollado en el país una serie de estudios de vigilancia y control de la fluorosis dental, una patología dentaria consistente en estrías de hiperpigmentación dental relacionada a la ingesta de flúor que se desarrolla en escolares.

En la la figura 5.15. se presentan algunos reportes relevantes de la prevalencia de fluorosis en Colombia durante los últimos años, la región y año de presentación.

Figura 5.15 prevalencia de fluorosis en Colombia durante los últimos años, la región y año de presentación.



Nota Fuente: Adaptado por el autor.

*Datos tomados de los siguientes autores Martignon et al, 2002; Concha et al, 2003; Ramírez et al, 2006; Ramírez et al, 2009; Ramírez et al, 2010; Arrieta et al, 2011; Martínez et al, 2011; Misnaza et al, 2011.

La prevalencia de fluorosis dental parece constante entre la mayoría de las regiones, llamando la atención valores extremos en Yondó, con la mayor prevalencia cercana al 100% y una prevalencia muy por debajo del promedio del 20% para 2008 en Atanquez. La situación de Atanquez resulta un poco particular pues es una región compuesta por una comunidad indígena, resguardo Indígena Kankuamo, la cual recibe atención de salud en un mismo centro médico. El reporte de 2008 fue realizado por la institución prestadora de servicios de la zona (Misnaza, 2011), probablemente es un valor que se encuentra subestimado; posterior a diferentes gestiones para la evaluación de la fluorosis en esta comunidad, se tomaron niveles de flúor en orina de los niños y en agua potable de la zona, detectando el 100% de las muestras dentro de valores aceptables. Para 2011 se realizó un estudio por las autoridades departamentales de salud del Cesar, detectando 445 casos confirmados de fluorosis. De estos datos no es posible calcular la prevalencia pues se desconoce la población base o muestral (Misnaza, 2011).

El problema relacionado con el flúor básicamente compromete a la población pediátrica y es un asunto que poco a poco mediante la regulación específica para el flúor, se ha ido atenuando, sin embargo, como es evidente en la revisión existen aún fuentes de alta concentración de fluor que pueden comprometer la salud de los niños, básicamente provenientes de la sal y la crema dental que se emplea de forma indiscriminada y sin las medidas de precaución recomendables en los menores.

5.8. Plaguicidas

De acuerdo a la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2011, la población entre 16 y 45 años de edad es la que más se expone directamente a los plaguicidas, mientras que solo 7% de los menores de edad entre seis y 15 años se exponen, la exposición se incrementa en el grupo de 16 a 30 años (28%) y 31 a 45 (36%) años de edad; después de esta edad, la exposición se disminuye a 23% en el grupo de 46 a 60 años, y 6% entre mayores de 65 años de edad.

En relación con el nivel socioeconómico, la exposición a plaguicidas es mayor en los estratos bajos, 56.1% en el nivel bajo-bajo, mientras en el nivel bajo la exposición disminuye al 36%, esto contrasta con el estrato medio-bajo (2.6%), medio (0.5%), medio-alto (0.3%) y alto (0.1%) donde la exposición ocurre en muy baja proporción. Esta visión panorámica sugiere un problema de injusticia ambiental en relación a la exposición a plaguicidas.

5.8.1. Organoclorados

El interés por los organoclorados por los investigadores colombianos empezó desde la década de los 70 del siglo XX, un estudio realizado hacia 1973 cuantificó la presencia de organoclorados en productos alimenticios obtenidos en tres expendios de Cali (Gallego, 1973),

los resultados indicaron la presencia generalizada de organoclorados, como se resume en la siguiente tabla.

Tabla 5.21. Organoclorados presentes en alimentos provenientes de expendios en Santiago de Cali, 1973.

| Alimento | BHC | Heptacloro | DDT | DDE | TDE | Aldrin | Endrin | Dieldrin | Otro |
|----------|-----|------------|-----|-----|-----|--------|--------|----------|------|
| Tomate | X | X | X | X | X | | | | |
| Uva | | | X | X | X | X | | | |
| Lulo | | | X | | | X | | | X |
| Mora | | X | | | | X | X | | X |
| Naranja | X | | X | | | X | | | |
| Papa | | X | X | X | X | X | | | |
| Repollo | X | | X | X | | X | | | |
| Lechuga | X | | | X | X | | | | |
| Arroz | | X | X | | | X | | X | |
| Maíz | | | X | X | | X | | X | |

Nota: Fuente: Gallego GH. Residuos de pesticidas organoclorados en productos agrícolas de consumo humano en Cali [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad del Valle;1973.

En 1997 un estudio evaluó la presencia de organoclorados y organofosforados en papas sabanera y criolla (*Solanum tuberosum* y *Solanum Phureja*, respectivamente) comercializadas en Manizales; éstas eran procedentes de Páramo, San Félix, Tunja, Sabana de Bogotá y Nariño. Los resultados obtenidos en el laboratorio de toxicología del Instituto Colombiano Agropecuario, fueron negativos para la presencia de los plaguicidas (Arango 1997). Un estudio realizado en 2001 evaluó la presencia de 17 analitos de organoclorados en agua potable de Bucaramanga (diaria durante un mes) y Piedecuesta (semanal durante un mes) en Santander (Navarro 2001). En Bucaramanga se observaron siete organoclorados, mientras en Piedecuesta se encontraron seis, como se resume en la tabla 5.22, en todos los casos donde se detectó la presencia del plaguicida las concentraciones fueron muy bajas.

Tabla 5.22. Organoclorados en agua de Bucaramanga y Piedecuesta, 2001.

| Plaguicida | Bucaramanga (n=30) | | | Piedecuesta (n=4) | | |
|------------|--------------------|---------|--------------|-------------------|---------|--------------|
| | Detectado (%) | IC 95%* | Máximo (ppb) | Detectado (%) | IC 95%* | Máximo (ppb) |
| α-BHC | 70 | 51 - 85 | <0.02 | 25 | 1 - 81 | <0.02 |
| Lindano | 100 | | <0.02 | 100 | | <0.02 |
| δ-BHC | 93.3 | 78 - 99 | 0.025 | 100 | | <0.02 |
| Heptacloro | 53.3 | 34 - 72 | <0.02 | 100 | | <0.02 |
| Aldrin | 63.3 | 44 - 80 | <0.02 | 50 | 10 - 93 | <0.02 |

| | | | | | | |
|--------------------|-----|--------|-------|-----|---------|-------|
| Heptacloro époxido | 100 | | 0.44 | 75 | 20 - 99 | 0.14 |
| 4,4'-DDE | 3.3 | 0 - 17 | <0.02 | 100 | | <0.02 |

Nota: Fuente: Navarro GF. Determinación de plaguicidas organoclorados en el agua potable de Bucaramanga y Piedecuesta por HRGC-ECD [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2001.

* calculado para este informe.

Existen pocos estudios que hayan explorado la exposición humana a insecticidas organoclorados, sin embargo, dado que un par de estudios se hicieron previamente a la prohibición de su uso y otro se hizo años después, es posible conocer si la prohibición fue realmente efectiva. Debe señalarse que los primeros organoclorados fueron prohibidos en la década de los 80 y su número ha aumentado hasta los primeros años del siglo XXI. El primer estudio fue realizado en 1973, y cuantificó varios organoclorados entre 42 campesinos del Valle del Cauca (Guerra et al, 1973), y sus principales hallazgos se encuentran en la tabla 5.23.

Tabla 5.23. Concentraciones de algunos organoclorados (ppb) en sangre de campesinos (n=42) del Calle del Cauca, 1980.

| Plaguicida | Detectados (%) | Mediana | Mínimo - Máximo |
|------------|----------------|---------|-----------------|
| BHC | 100 | 10.5 | 1 - 109 |
| Heptacloro | 28.57 | 4 | 2 - 26 |
| Aldrin | 4.76 | 5 | 4 - 6 |
| DDE | 100 | 33.5 | 3 - 145 |
| DDT | 100 | 69.5 | 6 - 470 |

Nota: Fuente: Guerra A, & Hernández L. Niveles sanguíneos de pesticidas organoclorados en población del Valle del Cauca. Acta Médica del Valle;1973;4:4-7.

Otro estudio, realizado en 1980 midió organoclorados a seis grupos de hombres, de los cuales tres estaban ocupacionalmente expuestos y tres grupos no lo estaban. Los grupos expuestos eran formuladores procedentes de Bogotá (n=56), aplicadores de DDT del Servicio de Control de Malaria procedentes de Villavicencio y Puerto Boyacá (n=57), y aplicadores agrícolas procedentes de Espinal, Flandes y Saldaña, Tolima (n=50). Los tres grupos sin exposición ocupacional eran de regiones rurales donde se usaban insecticidas para uso agrícola y control de vectores procedentes de Villavicencio (n=31), regiones donde se usaban insecticidas exclusivamente para uso agrícola procedentes de Espinal y Flandes, Tolima (n=50), o residentes de Bogotá donde no se usaban insecticidas (n=50) (Hernández et al. 1986). Los resultados del aldrin que indican exposición en 97.95% de los participantes se resumen en tabla 5.24; el aldrin, dieldrin, heptacloro epóxido tuvieron los valores promedio más altos entre los formuladores (1.91, 4.89 y 11.4 ppb, respectivamente). El grupo de aplicadores tuvo mayores concentraciones de DDT (promedio de 159 ppb y máximo de 994.6 ppb)

Tabla 5.24. Concentraciones (ppb) de aldrin y DDT en sangre en seis grupos poblacionales colombianos, 1980.

| Grupo | Aldrin | DDT |
|------------------------------------|--------|------|
| Formuladores | ND | 39 |
| Aplicadores de DDT | 0.86 | 159 |
| Aplicadores agrícolas | 0.17 | 45.2 |
| Zonas con uso agrícola y sanitario | 0.01 | 21.8 |
| Zonas con uso agrícola | 0.11 | 32.3 |
| Zona sin exposición | 0.03 | 3.7 |

Nota: Fuente: Hernández L, Guerrero E, Cubillos F, & Salazar F. Niveles sanguíneos de insecticidas organoclorados en varios grupos de población colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas*;1986;45:49–58.

Más recientemente, además del herbicida glifosato que se usa en la erradicación de coca y amapola, la presencia de plaguicidas organoclorados prohibidos había sido reportada en regiones con este tipo de cultivos (Inter-American Commission for Drug Control of the Organization for American States [OAS/CICAD], 2004). Por tal motivo, entre 2005 y 2006, se realizó un estudio para cuantificar 13 organoclorados en suero de 99 individuos residentes en zonas reconocidas por tener cultivos ilícitos en Antioquia, Guajira, Guaviare, Huila, Magdalena, Putumayo, Santander y Tolima. En las muestras se detectaron heptacloro (72.73%), 4,4-DDE (19.19%), aldrin (15.15%), δ -clordano (12.12%), dieldrin (11.11%), α -clordano (10,10%), α -endosulfan (8.08%), endosulfan (6.06%), β -endosulfan (5.05%), oxiclordano (3.03%), 4,4-DDT (3.03%) y 2,4-DDT (2.02%) (Varona et al. 2011). Un resumen de las concentraciones observadas se encuentra en la tabla 5.25.

Tabla 5.25. Concentraciones (ng/l) de plaguicidas organoclorados en suero de individuos residentes en regiones con cultivos ilícitos.

| Plaguicida | Mínimo | Mediana | Máximo |
|----------------------|--------|---------|--------|
| Heptacloro | ND | 8.69 | 43.8 |
| 4,4-DDE | ND | ND | 41.17 |
| Aldrin | ND | ND | 209.34 |
| δ -clordano | ND | ND | 147.68 |
| Dieldrin | ND | ND | 90.54 |
| α -Clordano | ND | ND | 88.03 |
| α -endosulfán | ND | ND | 29.34 |
| Endosulfán | ND | ND | 63.41 |
| β -endosulfán | ND | ND | 23.26 |
| Oxiclordano | ND | ND | 10.67 |
| 4,4-DDT | ND | ND | 284.91 |
| 2,4, DDT | ND | ND | 28.38 |
| β -BHC | ND | ND | ND |

Nota: Fuente: Varona M, Díaz S, Henao G, et al. Exposure factors to organophosphate and carbamates pesticides in the Putumayo department, 2006. *Pesticides - The Impacts of Pesticides Exposure*. Rijeka: InTech;2011: 91-102.

Como se puede apreciar, a pesar de la prohibición en el país aun se usan varios, organoclorados lo cual ha sido corroborado en encuestas a campesinos y aplicadores en diversos estudios. El más relevante de todos éstos es el heptacloro, el cual es el único de los organoclorados encontrados en este estudio que es un reconocido agente asociado con el cáncer de mama (Khanjani et al. 2007). Por ello se puede afirmar que los organoclorados aún son usados en Colombia y no solo en cultivos ilícitos, sino también en cultivos lícitos. En este momento el Instituto Nacional de Salud está realizando estudios que dimensionarán mejor esta problemática sanitaria.

5.8.1.1. Cáncer y organoclorados

Hasta donde conocemos, solo un estudio ha explorado en Colombia la asociación entre plaguicidas organoclorados y cáncer de mama entre mujeres. Este estudio fue pionero en esta temática y fue diseñado como un estudio de casos y controles pareado, en el que participaron 153 casos y 153 controles provenientes de la capital del país. Los resultados mostraron una asociación (OR: 1.95, IC 95% 1.10-3.52) entre los niveles séricos más altos de DDE y el cáncer de mama, aunque no se encontró una relación dosis-respuesta (Olaya et al. 1998). Muchos estudios posteriores han concluido que no hay asociación entre DDT o sus metabolitos y el cáncer de mama, aunque no se descartan asociaciones con otras neoplasias (Calle et al. 2002; Beard et al, 2006).

5.8.2. Exposición a piretroides

Un estudio multicéntrico, con participantes de Brasil, Colombia y España, incluyó 27 mujeres lactantes residentes en Santiago de Cali, Valle, provenientes de zonas urbanas, rurales e industriales (cerca a una fábrica de cipermetrina usada como insecticida de ganado). A todas se les cuantificaron 13 piretroides y se estimó la ingesta diaria por parte de lactantes (Corcellas et al. 2012). Los resultados más relevantes se resumen en la siguiente tabla 5.26

Tabla 5.26. Concentraciones de piretroides en leche materna de mujeres colombianas (n= 27).

| Plaguicida | Detectados (%) | Concentraciones (ng g ⁻¹ lw)* | |
|---------------------------|----------------|--|-----------------|
| | | Mediana | Mínimo - Máximo |
| Cipermetrina | 100 | 2.59 | 0.70 - 16.4 |
| λ-Cialotrina | 100 | 0.6 | 0.05 - 4.49 |
| Permetrina | 93 | 0.42 | ND - 5.12 |
| Tetrametrina | 85 | 0.83 | ND - 14.8 |
| Esfenvalerato/fenvalerato | 70 | 0.22 | ND - 3.11 |
| Deltametrina/tralometrina | 22 | ND | ND - 1.86 |
| Bifentrina | 8 | ND | ND - 0.48 |
| Ciflutrina | 0 | ND | |
| Fenotrina | 0 | ND | |
| Resmetrina | 0 | ND | |

| | | |
|------------------------------------|---|----|
| Fluvalinato | 0 | ND |
| d ₆ -trans-permetrina | 0 | ND |
| d ₆ -trans-cipermetrina | 0 | ND |

Nota: Fuente: Corcellas C, Feo ML, Torres JP, et al. Los piretroides en la leche materna humana: la frecuencia y de enfermería estimación de la ingesta diaria. *Environ Int.*;2012: 47:17-22.

ND: No detectable

* Concentración calculada en peso seco.

Con estos datos se calculó la ingesta diaria estimada (EDI, por su abreviación en inglés) que tendría un lactante, usando la fórmula recomendada por la Organización Mundial de la Salud y los lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por su abreviación en inglés); los resultados indicaron que un lactante menor, de un mes de edad (4.14 kg) toma en promedio 702 ml/día de leche, esto implica que en Colombia la exposición en μg por kg de peso corporal al día de un neonato es de máximo 0.30 de bifentrina, entre 0.78 y 4.60 de cipermetrina, máximo 1.30 de deltametrina, entre 0.03 y 0.96 de λ -cialotrina, y máximo 3.19 de permetrina (Corcellas et al. 2012). Estos valores están por debajo de los límites admisibles.

5.8.3. Exposición a organofosforados

Este grupo comprende varios insecticidas, todos con acción inhibitoria de las enzimas colinesterasas, que en casos de intoxicación ocasionan una estimulación constante del sistema nervioso (síndrome colinérgico); además incluye al glifosato que se diferencia del resto de organofosforados en que tiene acción herbicida y no presenta los efectos tóxicos sobre las colinesterasas. Dada esta diferencia, se abordarán como un grupo los organofosforados con acción insecticida y posteriormente, el glifosato.

5.8.3.1. Niveles de colinesterasas

El mejor registro sistemático de la exposición a plaguicidas inhibidores de las colinesterasas en Colombia es el del programa de vigilancia epidemiológica de plaguicidas organofosforados y carbamatos (VEO) que coordina el Instituto Nacional de Salud y usa como biomarcador la colinesterasa plasmática cuantificada mediante una modificación al método colorimétrico de Limperos y Ranta, empleando el equipo de campo Lovibond (Edson & Fenwick, 1955; Silva et al, 2000). Este programa inició en 1981 y tiene por objetivos:

- Determinar los valores de actividad de la acetilcolinesterasa en sangre de personas con riesgo de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos,
- Informar acerca de los plaguicidas más utilizados según el reporte de los trabajadores participantes, y
- Impulsar el desarrollo de acciones de promoción, prevención, seguimiento y control sobre la salud (Cárdenas et al. 2010).

Los principales resultados de este programa han sido publicados en cinco artículos científicos (Varona et al, 1998b; Silva et al, 2000; Cárdenas et al, 2005; Cárdenas et al, 2010; Cárdenas et al, 2012) que sirven de evidencia del incremento en el número de departamentos participantes, hasta llegar en 2012 a todos los departamentos, faltando únicamente la capital colombiana. Los principales resultados se encuentran resumidos en la siguiente tabla 5.27.

Tabla 5.27. Resultados del Programa de vigilancia epidemiológica de plaguicidas organofosforados y carbamatos (VEO)

| Año | Departamentos | Muestras | Anormales (%)* |
|------|---------------|----------|----------------|
| 1993 | 17 | 17.917 | 4.6 |
| 1994 | 17 | 16.910 | 6.8 |
| 1995 | 17 | 10.182 | 7.3 |
| 1996 | 14 | 15.581 | 7.7 |
| 1997 | 13 | 8.586 | 5.6 |
| 1998 | | 6.916 | |
| 1999 | | 5.608 | |
| 2000 | 7 | 7.865 | 7.6 |
| 2001 | | 4.853 | |
| 2002 | | 6.964 | |
| 2003 | | 1.898 | |
| 2004 | 11 | 9.913 | 9.3 |
| 2005 | | 9.528 | |
| 2006 | | 9.184 | |
| 2007 | | 11.491 | |
| 2008 | 15 | 3.218 | 7.5 |
| 2009 | | 3.648 | |

Nota: Fuente: [INS] Instituto Nacional del Salud. Plaguicidas, organofosforados, carbamatos en sangre y agua – picc-veo. Programa de evaluación. Recuperado de: <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Paginas/plaguicidas-organofosforados-y-carbamatos-en-sangre-y-agua-picc-veo.aspx>;2013

* Colinesterasa menor de 75% de actividad.

Como se puede apreciar ha habido una amplia variabilidad en la participación de los departamentos, lo cual se ve reflejado en el número de individuos de los que se obtienen muestras para determinación de niveles de actividad de colinesterasa. Sin embargo, la tendencia general es el aumento de los departamentos participantes, lo cual resulta positivo junto a que se ha ampliado la capacidad y calidad analítica en varios laboratorios de la red nacional. También ha permitido clarificar que los individuos con mayor riesgo son quienes tienen como ocupaciones, acciones directas con plaguicidas, como mezcladores, tanqueadores, formuladores y equipadores (Cárdenas et al, 2012). Este es un claro ejemplo donde la intoxicación es ocupacional, pero dado que los trabajadores que tienen estas ocupaciones no suelen estar afiliados dentro del sistema de riesgos laborales no suelen ser catalogadas como tal; como se dijo al inicio del informe, por ello optamos por calificarlas como ambientales.

Usando métodos muy similares a los del programa VEO se han realizado estudios regionales que buscan explorar con mayor detalle. Un buen ejemplo fue realizado en

Molagavita, Santander, donde a 77 habitantes de la región se les cuantificó la colinesterasa sérica con el método de Lovibond en tres momentos diferentes, mientras se realizaban charlas informativas sobre el programa VEO y el uso y manejo adecuado de plaguicidas. De las 194 muestras (promedio 2.52 por persona) se encontraron en el primer momento 50.7% resultados anormales; luego disminuyó a 20.6% y finalmente 13.6%. La autora sugiere que ese cambio pudo ser debido a las sesiones educativas (Bayona; 2001).

5.8.3.2. Intoxicaciones agudas por organofosforados

Si bien la literatura científica internacional en los últimos años ha privilegiado los efectos por exposición a cantidades mínimas de plaguicidas, olvidando los efectos agudos por exposición a grandes dosis que incluyen hasta la muerte, existen algunos estudios que dan una panorámica general de la situación nacional.

La historia de Colombia registra eventos trágicos donde la exposición a plaguicidas ha ocasionado gran número de intoxicados y muertes, siendo los más notorios los ocurridos en Chiquinquirá (Boyacá) en 1967, Puerto López (Meta) en 1970 y Pasto (Nariño) en 1977 (Idrovo, 1999); de todos éstos solo el primero ha merecido la amplia difusión, hasta incluso llegar a ser motivo de la novela *Pandemónium* (Chillán 2011). Un resumen de su impacto en salud se encuentra en la tabla 5.28.

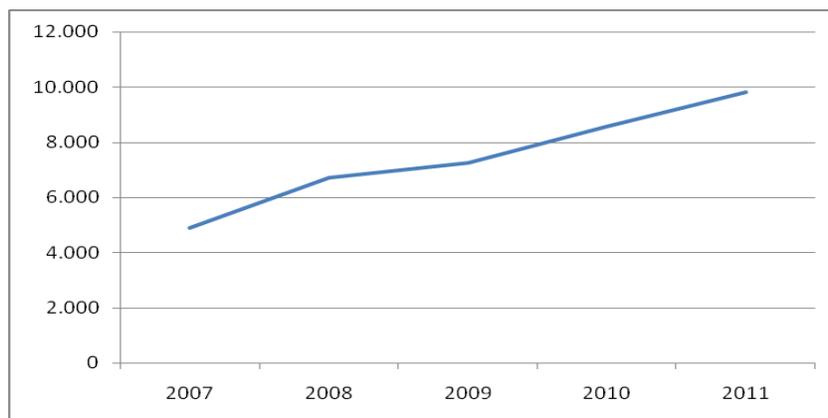
Tabla 5.28. Intoxicaciones masivas con alimentos contaminados con plaguicidas organofosforados ocurridas en Colombia.

| Lugar | Chiquinquirá | Puerto López | Pasto |
|--------------------------|----------------|--------------|----------|
| Año | 1967 | 1970 | 1977 |
| Plaguicida | Metil-paratión | No definido | Paratión |
| Alimento | Pan | Pescado | Pan |
| Total intoxicados | >500 | 190 | >300 |
| Fallecidos | 63 | 7 | 15 |

Nota: Fuente: Idrovo AJ. Intoxicaciones masivas con plaguicidas en Colombia. *Biomédica*;1999;19:67-76.

Además de estos casos, en todas las regiones del país existen intoxicaciones agudas que eventualmente llevan a la muerte, no solamente por exposición ocupacional, sino accidental o intentos de suicidio. El SIVIGILA ha reportado un incremento notable en el número de casos, desde 4876 en 2007 a 9800 en 2011, lo que equivale a un incremento anual promedio de 1171 casos (figura 5.16). No es claro si el incremento de casos refleja un aumento de la ocurrencia, o si lo que está mostrando es la consolidación y mayor reporte y cobertura del sistema de vigilancia a nivel nacional.

Figura 5.16. Casos de intoxicación por plaguicidas reportados en el SIVIGILA (Colombia 2007-2011)



Nota: Fuente: [INS] Instituto Nacional de Salud. SIVIGILA. Recuperado de: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Paginas/sivigila.aspxx> ;2013

5.8.3.3. Exposición a glifosato

El glifosato ha llamado especial atención en Colombia dado su uso en las acciones para erradicar los cultivos ilícitos, aunque también es usado en diversos cultivos entre los que sobresale el de la caña de azúcar. La elección del glifosato para las actividades de erradicación de cultivos ilícitos se dio en 1984, después de probar el paraquat y optar por la menor toxicidad, sin embargo, no fue sino hasta 1992 cuando se convirtió en la principal arma contra los cultivos de coca y amapola en Colombia; la forma usada está compuesta por glifosato, Cosmoflux 411F® (aceite mineral y surfactantes no ionizados con agentes de acoplamiento) y el surfactante POEA (Idrovo, 2004).

Estas fumigaciones han causado preocupación por los posibles efectos en la salud de los individuos expuestos, tanto a nivel nacional como internacional (Joyce 1999; Massey 2001; Tenenbaum, 2002). Las investigaciones más relevantes sobre el tema se resumen a continuación.

Un estudio realizado con 112 individuos de Huila, Tolima, Putumayo, Guaviare, Santander, Antioquia, Magdalena y La Guajira, que vivían en zonas donde se realizaban fumigaciones de cultivos ilícitos, informa que hay exposición auto-reportada a mezclas de plaguicidas con alto nivel de peligrosidad (Varona et al, 2009). Los niveles de exposición a glifosato y su principal metabolito encontrados se resumen en la tabla 5.29; no se observaron efectos en salud asociados con las concentraciones de glifosato.

Tabla 5.29. Niveles de exposición a glifosato y ácido amino-metil-fosfónico en orina en individuos residentes en zonas con fumigación con glifosato.

| Biomarcador | Casos | | Concentraciones(µg/L) | |
|-----------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | N | % | Promedio | Min - Max |
| Glifosato | 42 | 39.6 | 76 | 0 - 130 |
| Acido amino-metil-fosfónico | 4 | 3.8 | 1.6 | 0 - 56 |

Nota: Fuente: Varona M, Henao GL, Díaz S, et al. Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos. *Biomédica*;2009;29:456–475.

5.8.3.4. Estudios citogenéticos del glifosato

En Colombia se han realizado dos estudios explorando el potencial genotóxico del glifosato. El primer estudio fue realizado in vitro, e incluyó la evaluación citotóxica y genotóxica del glifosato, en diferentes concentraciones, sobre células humanas normales (GM38) y en células humanas de fibrosarcoma (HT1080). Los hallazgos de citotoxicidad aguda con ambas células mostraron viabilidad mayor al 80%, a diferentes dosis. Algo similar se observó en los resultados de citotoxicidad crónica, donde hubo un efecto dependiente de la dosis en ambos tipos celulares. El daño del ADN (longitud de la cola en la prueba del cometa) se observó a menores dosis en la células humanas normales (4.0 - 6.5 mM), frente a las células HT1080 (4.75 - 5.75 mM) (Monroy et al, 2005). Esta evidencia, diferente a la observada en estudios realizados en otros países, sugiere que el glifosato tiene efectos en el material genético de plantas y mamíferos.

El segundo estudio evaluó los efectos del glifosato grado técnico y de la mezcla comercial (Roundup®), usada en la erradicación de cultivos ilícitos. Los investigadores expusieron células mononucleares de sangre periférica humana, a glifosato grado técnico en diferentes concentraciones y a Roundup® por 24, 48, 72 y 96 horas. Los métodos usados para evaluar la citotoxicidad fueron el de exclusión con azul de tripano y reducción del reactivo sal sódica de 2,3-bis[2-metoxi-4-nitro-5-sulfofenil]-2H-tetrazolio-5-carboxianilida. Los hallazgos mostraron efectos tóxicos del glifosato grado técnico y del Roundup®, siendo con este último más severos los efectos (Martínez et al, 2007). De esta manera se confirmó la sospecha de que la mezcla comercial usada en la erradicación de cultivos ilícitos es más tóxica que el glifosato en grado técnico, lo cual es consistente con estudios similares realizados con diversas presentaciones comerciales.

5.8.3.5. Glifosato y efectos reproductivos

Con el fin de explorar manifestaciones más concretas sobre la salud, Sanín y colaboradores (2009) decidieron usar el método que cuantifica el tiempo para quedar en embarazo. Este método usa unas pocas preguntas y permite aproximarse de manera válida a la subfecundidad e íntimamente relacionada con pérdidas reproductivas tempranas. En breve, mide, usando como medida los ciclos menstruales, el tiempo requerido para lograr un embarazo

reconocido por la mujer; de esta manera, el alargamiento en el tiempo se considera un indicador de abortos espontáneos tempranos en el embarazo (Idrovo et al, 2005b). Participaron 2751 mujeres provenientes de cinco regiones del país, donde se usa el glifosato de diferentes maneras.

En la Sierra Nevada de Santa Marta no se usa glifosato ni otros plaguicidas sintéticos, pues el manejo de los cultivos es orgánico; en Boyacá el glifosato no es usado para acciones de erradicación de cultivos ilícitos, aunque si se usan varias mezclas de plaguicidas que incluyen el glifosato como un herbicida más; en el Valle del Cauca se usa el glifosato ampliamente en los cultivos de caña en las semanas inmediatas antes de la cosecha. Finalmente, en Nariño y Putumayo el glifosato es usado para actividades de erradicación de cultivos ilícitos, siendo mayor el uso de plaguicidas en las labores agrícolas extensivas en Nariño (Sanín et al, 2009).

Al tomar como referencia el departamento de Boyacá, los resultados mostraron que todas las demás regiones tienen subfecundidad mayor. En Nariño se observó un fOR: 0.53 (IC 95% 0.45 - 0.63), en la Sierra Nevada fOR: 0.36 (IC 95% 0.30 - 0.42), en Putumayo fOR: 0.34 (IC 95% 0.29 - 0.41) y en Valle del Cauca fOR: 0.15 (IC 95% 0.12 - 0.18). Esto, según los autores, no permitió corroborar un efecto adverso de la fumigación para erradicación (Sanín et al, 2009), aunque sí parece sugerir un efecto del glifosato y que no todos los factores asociados con la subfecundidad fueron controlados. Es un área donde se requieren estudios epidemiológicos más específicos, ya que existe gran controversia al respecto (Romano et al, 2012).

5.8.3.6. Estudios citogenéticos y mezclas de plaguicidas

El primer estudio citogenético con población colombiana expuesta a plaguicidas fue realizado con 30 cultivadores de papa expuestos, tiempo completo y durante más de cinco años, a fungicidas (principalmente ditiocarbamatos) e insecticidas (organofosforados y carbamatos) y 30 individuos no expuestos ocupacionalmente a plaguicidas; todos eran provenientes de Paletera y Coconuco, en el departamento del Cauca (López, 1994). Se evaluó la presencia de aberraciones cromosómicas y el intercambio de cromátides hermanas (Hoyos et al, 1996), los resultados no mostraron diferencias entre el grupo expuesto a plaguicidas y los que no lo estaban, como se resume a continuación:

Tabla 5.30. Resultados de pruebas citogenéticas entre individuos expuestos y no expuestos a plaguicidas en cultivos de papa, en el departamento del Cauca.

| Prueba citogenética | Expuestos | No expuestos | Valor p |
|---|-----------|--------------|---------|
| Rupturas parciales de cromátides* | 1.2 ± 0.3 | 1.5 ± 0.2 | >0.05 |
| Rupturas totales de cromátides* | 1.7 ± 0.3 | 2.1 ± 0.2 | >0.05 |
| Intercambio de cromátides hermanas [‡] | 5.0 ± 1.1 | 4.8 ± 0.9 | >0.05 |

Nota: Fuente: López YS. Monitoreo biológico para detectar riesgos potenciales de salud por exposición ocupacional a plaguicidas por medio de pruebas citogenéticas [Tesis]. Popayán: Universidad del Cauca;1994. * Por 100 células. [‡]Por célula.

En un estudio realizado con 31 mujeres trabajadoras en la floricultura de la Sabana de Bogotá y 30 mujeres no expuestas a plaguicidas, se realizaron tres pruebas citogenéticas: (frecuencia de aberraciones cromosómicas, frecuencia de micronúcleos y prueba del desafío (challenge assay con rayos gamma). Los resultados mostraron diferencias en el porcentaje de aberraciones y en el número de trabajadores con presencia de micronúcleos, tal como se aprecia en la tabla 5.31 (Varona et al, 2003), lo cual sugiere un incremento en el riesgo de ocurrencia de cáncer.

Tabla 5.31. Resultados de pruebas citogenéticas entre individuos expuestos y no expuestos a plaguicidas en cultivos de papa, en el departamento del Cauca.

| Prueba citogenética | Floricultura | No expuestos | Valor p |
|----------------------------------|--------------|--------------|---------|
| Aberraciones por trabajadora (%) | 0.71 | 0.23 | 0.02 |
| Trabajadores con micronúcleos* | 7/31 | 1/30 | 0.05* |
| Prueba del desafío | | | |
| Células aberrantes (%) a 0 cGy | 0.68 | 0.23 | 0.50 |
| Células aberrantes (%) a 100 cGy | 7.50 | 6.10 | |

Nota: Fuente: Varona M, Cárdenas O, Crane C, Rocha S, Cuervo G, & Vargas J. Alteraciones citogenéticas en trabajadoras con riesgo ocupacional de exposición a plaguicidas en cultivos de flores en Bogotá. *Biomedica*;2003;23:141-52.

* calculado por los autores de este informe.

Otro estudio realizado con 101 individuos evaluó los daños citogenéticos mediante la prueba del cometa. Participaron 33 agricultores de papa y cebolla de bulbo, provenientes de Samacá, Boyacá, 35 floricultores de Madrid, Cundinamarca y 33 individuos provenientes de ambas regiones y que no tenían exposición ocupacional a plaguicidas (Muñoz AF, 2009). Los resultados mostraron un mayor largo de la cola entre los agricultores al ser comparados con los floricultores y el grupo control, entre los cuales no hubo diferencias; esta evidencia sugiere mayor riesgo de ocurrencia de cáncer entre los agricultores, al compararse con los otros grupos. Estos y otros hallazgos se resumen en la tabla 5.32.

Tabla 5.32. Resultados de la prueba del cometa entre individuos expuestos y no expuestos a plaguicidas en la agricultura (cultivos de papa y cebolla) y floricultura.

| Prueba | Agricultura | Floricultura | Control | Valor p |
|---------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|---------|
| Largo de cola (μm) | 62.32 \pm 5.9 | 25.6 \pm 3.1 | 23.46 \pm 4.2 | <0.001 |
| Núcleos con daño (%) | | | | |
| Ninguno (<5%) | 0.94 | 7.17 | 18.03 | 0.074 |
| Bajo (5-10%) | 2.11 | 25.37 | 56.73 | |
| Medio (10-40%) | 16.38 | 61.37 | 22.19 | |
| Alto (40-95%) | 80.47 | 6.09 | 3.05 | |
| Total (>95%) | 0.10 | 0 | 0 | |

Nota: Fuente: Muñoz AF. Evaluación del daño en el ADN en dos poblaciones colombianas de agricultores y floricultores. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*;2009;12:7-16.

5.8.3.7. Floricultura y eventos reproductivos

La floricultura es un excelente escenario para estudiar los efectos adversos de mezclas de plaguicidas que incluyen principalmente fungicidas (como los ditiocarbamatos), dado que los hongos son una de las principales plagas de las flores ornamentales. Desde que iniciaron las actividades en la Sabana de Bogotá y después en algunos municipios antioqueños, ha habido múltiples quejas por los efectos adversos que genera este sector sobre el ambiente y la salud de los trabajadores. Por el alto porcentaje de mujeres que suelen participar en la floricultura, uno de los temas prioritarios de estudio fueron los efectos reproductivos.

Por ello, a comienzos de los 80 se realizaron estudios pioneros sobre los efectos reproductivos de población expuesta a plaguicidas en la floricultura. El primero de ellos fue una encuesta a 8867 trabajadores (2951 hombres y 5916 mujeres) en la que se indagó sobre abortos espontáneos, prematuridad, mortinatos y malformaciones congénitas (Restrepo et al, 1990). Los hallazgos mostraron varias asociaciones entre los eventos reproductivos adversos y el trabajo en la floricultura, tal cual se resume en la siguiente tabla.

Tabla 5.33. Asociación (odds ratios) entre eventos reproductivos y exposiciones en la floricultura (embarazos antes vs después del ingreso al trabajo).

| Exposición | Abortos | Prematuros | Mortinatos | Malformaciones |
|----------------------------|---------|------------|------------|----------------|
| Floricultura | | | | |
| Mujeres trabajadoras | 2.20* | 1.86* | 0.99 | 1.34* |
| Compañeras de trabajadores | 1.79* | 2.75* | 0.87 | 1.53* |

Nota: Fuente: Restrepo M, Muñoz N, Day NE, et al. Prevalence of adverse reproductive outcomes in a population occupationally exposed to pesticides in Colombia. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*;1990;16:232-238.

* $p < 0.05$.

Este estudio fue el punto de partida para un estudio de casos y controles sobre malformaciones congénitas y exposición a plaguicidas. Primero se verificó que el auto-reporte de malformación fuese correcto y los 222 casos verificados por un genetista fueron comparados con 443 de un grupo control seleccionado previamente de manera aleatoria. Los resultados obtenidos sugieren una asociación estadísticamente significativa entre el trabajo en la floricultura y las malformaciones congénitas (OR: 1.8, $p < 0,05$) (Restrepo et al, 1990).

Un poco más de dos décadas después se realizó otro estudio con 2085 mujeres trabajadoras en la floricultura explorando el efecto de las mezclas de plaguicidas sobre la subfecundidad o demora para lograr un embarazo. Sin tener mediciones de los plaguicidas, los resultados permitieron identificar que quienes trabajan menos de dos años (fOR 0.86; IC 95% 0.75–0.98), o dos o más años en la floricultura requieren mayor tiempo para lograr un embarazo reconocido por la mujer (fOR: 0.73; IC 95% 0.63–0.84) en comparación con quienes no habían trabajado en la floricultura (Idrovo et al, 2005). Este efecto de dosis-respuesta sugiere

claramente un efecto del trabajo en la floricultura, aunque no permite inferir efectos directos de los plaguicidas.

Los datos que se recolectaron permitieron, además, realizar un metanálisis de los hallazgos de los estudios previos. Los resultados más importantes indicaron un incremento de abortos espontáneos (OR: 2,24; IC 95%: 1,87-2,68) y malformaciones congénitas (OR: 1,31; IC 95%: 1,05-1,64) entre las mujeres trabajadoras en la floricultura. Al evaluar los prematuros no se observó este mismo efecto (OR: 1,49; IC 95%: 0,91-2,43). Sin embargo, los autores aclaran que los efectos no pueden asociarse directamente a los plaguicidas, dado que existen otras condiciones presentes en el ambiente (actividad física intensa y calor dentro de los invernaderos) que podrían ser responsables de los efectos observados, o actuar sinérgicamente con los plaguicidas (Idrovo & Sanín 2007). Esta conclusión se sustenta en estudios realizados en condiciones similares en países europeos (Jurewicz et al, 2005). Los estudios colombianos arriba resumidos han sido incluidos en diversas revisiones sistemáticas que han llegado a concluir que entre las mujeres sí existe una asociación entre la exposición a plaguicidas y efectos reproductivos adversos, mientras que entre hombres no (Snijder et al, 2012).

5.8.3.8. Floricultura y cáncer

Un estudio que intentó hacer seguimiento a las mujeres trabajadoras en empresas floricultoras que habían participado en los estudios sobre efectos reproductivos, pudo hacer una descripción de las condiciones de salud después de dos décadas. Sólo se pudieron ubicar 1218 mujeres (23.1% de la cohorte original), entre las que se identificaron 31 casos de cáncer (14 del cuello uterino) que ya habían en su mayoría abandonado el trabajo en la floricultura (Varona et al, 1998). Infortunadamente las pérdidas en el seguimiento impidieron el explorar la asociación entre la exposición a plaguicidas y cáncer. A nivel internacional este tema sigue sin tener clara evidencia sobre esta asociación (Alavanja & Bonner, 2012).

5.9. Asbesto

El asbesto se encuentra en unas pocas regiones de Colombia donde existen rocas ultramáficas serpentinizadas; éstas están localizadas en Bogotá, Búfalo, Cali, La Polca, Las Brisas, Las Nieves, Medellín, Sabanalarga (Barrera, 1987) y Yarumal (Isaza et al, 2005). Sin embargo solo la mina Las Brisas, localizada en la vereda Norizal (Campamento, Antioquia) se considera relevante desde el punto de vista económico, cubriendo cerca de la mitad de la demanda nacional. Pese a esto, en Tolima y Caldas a mediados de los años 80 se describió la explotación clandestina de asbesto (Barrera, 1987). Al respecto, las recomendaciones internacionales sugieren que todos los yacimientos de asbesto que no son adecuados para actividades mineras con réditos económicos, deberían ser evaluados y regulados para asegurar que no tengan efectos adversos sobre la población (Lee et al, 2008).

La presencia de asbesto en Las Brisas se conoce desde la primera mitad del siglo XX (Alvarado et al, 1939), pero solo se empezó a extraer desde 1982 (Barrera, 1987); durante más de dos décadas se hizo por una empresa privada y en los últimos años por los propios trabajadores, debido a los problemas de seguridad relacionados con el conflicto armado. Sin embargo, la mina fue cerrada en 2011 y en agosto de 2012 fue comprada por Coal Caribe e Ideas Proyectos y Negocios, quienes empezaron nuevamente la extracción a gran escala. Infortunadamente no se pudieron identificar estudios que indiquen el impacto en la salud de los habitantes que residen en las cercanías de la mina, aunque es de esperar que se incremente el cáncer un par de décadas después, tal cual se ha visto en otras regiones del mundo con exposiciones similares (Senyigit et al, 2004; Reid et al, 2008).

La población expuesta en las fábricas de asbesto-cemento son los trabajadores de Eternit Atlántico, Pacífico y Bogotá (Novoa 1985; Marsili et al, 2010). Barrera en 1987, informaba que en la empresa de Bogotá se habían realizado cinco estudios de salud ocupacional, cuyos principales resultados fueron que en 1957 había una prevalencia de asbestosis de 18% y en 1973 aumento hasta una cuarta parte de los trabajadores, y que la aparición más temprana de asbestosis ocurre después de 5 años de exposición; adicionalmente se reportó que en el Hospital Santa Clara, especializado para la época en enfermedades respiratorias, se habían registrado 20 casos de mesotelioma pleural, de los cuales la mitad se tuvo plena certeza del antecedente ocupacional a asbesto. Para 1984 el Instituto Nacional de Cancerología reporto 5 casos de mesotelioma pero no se registró su relación o no con el asbesto (Barrera, 1987).

Más recientemente, en la Universidad del Bosque se han realizado dos tesis con población que estuvo ocupacionalmente expuesta a asbesto; dado que el Sistema General de Riesgos Laborales no suele reconocer los mesoteliomas como enfermedad ocupacional, esto lleva a la necesidad de incorporarlos en la categoría de enfermedad ambiental. En el primer estudio se tuvo como población objeto a todos los trabajadores que laboraron por lo menos un año en la fábrica de cemento-asbesto entre 1942 y 1988, se logró obtener información de 1401 trabajadores (73% del total) que fueron clasificados como alta (n= 757) o bajamente expuestos (n= 644), de acuerdo a la fecha de ingreso (antes o después de 1975), año en que se implementaron medidas ambientales (Espinosa, 1991). Los hallazgos más relevantes se encuentran en la tabla 5.34, donde se puede observar que existe una evidente mayor ocurrencia de enfermedades entre los individuos que habían estado altamente expuestos al asbesto.

Tabla 5.34. Incidencia (por 1000 años/persona) de diagnósticos relacionados con la exposición al asbesto entre trabajadores de una empresa colombiana de cemento-asbesto.

| Diagnóstico | Exposición | |
|------------------------|------------|------|
| | Alta | Baja |
| Asbestosis | 5.8 | 0 |
| Sospecha de asbestosis | 9.4 | 1.0 |

| | | |
|---------------------------------|-----|-----|
| Engrosamiento pleural | 2.4 | 0.8 |
| Borramiento ángulo costofrénico | 2.4 | 0.6 |
| Atelectasia | 3.8 | 0.2 |
| Mesotelioma maligno | 0.6 | 0 |

Nota: Fuente: Espinosa MT. Impacto de las medidas de control ambiental sobre la incidencia de patologías relacionadas con la exposición a asbesto en una empresa de cemento-asbesto de Santafé de Bogotá [Tesis]. Bogotá: Universidad El Bosque; 1991.

El segundo estudio fue una encuesta a 155 pensionados de una empresa de asbesto-cemento de Bogotá, de los cuales a una sub-muestra se les realizó radiografía de tórax. Los hallazgos más relevantes fueron que 89.1% no refirió el diagnóstico de cáncer y 90.1% no tuvo antecedentes de asbestosis. Sin embargo, 1% refirió pleuritis y 6% bronquitis o bronconeumonía. En 73.9% de las radiografías se observaron opacidades irregulares tipo "s", en ambas bases pulmonares, lo que sugiere la presencia de asbestosis (Flórez & Molano 1998). Estos resultados parecen ser consecuencia de un sesgo de selección ("efecto del trabajador sano"), frecuente en estudios retrospectivos, debido a que ya habían sido reportados casos de enfermedad ocupacional en este tipo de empresas (Barrera, 1987), por lo que ya no suelen encontrarse en la empresa los trabajadores que presentan la enfermedad.

Otro grupo ocupacionalmente expuesto a altas concentraciones de asbesto, y mucho más extendido por el territorio nacional, es el de mecánicos que reparan frenos que tienen asbesto crisotilo. Las mediciones en el aire de estos talleres localizados en Bogotá variaron entre 0.006 a 3.493 fibras/cm³ para TWA de 8 horas, y de 0.015 a 8.835 fibras/cm³ para muestras de 30 minutos (Cely et al, 2012). Estas mediciones resultan importantes ya que muestran la problemática de un importante grupo trabajador del sector informal. De otro lado, después de una extensa revisión no se encontraron reportes de individuos con asbestosis o mesotelioma en Colombia, si hay evidencia de un perro de propiedad de un mecánico automotriz, residente en Villavicencio, con exposición al asbesto presente en frenos que tuvo mesotelioma invasivo epitelial y mesotelioma mixto maligno (Ochoa & Hernández 2008). En este caso el animal puede considerarse como un evento centinela que sirve de alerta de lo que puede estar sucediendo en humanos.

Al revisar la ocurrencia de mesotelioma en los registros de consulta y mortalidad del 2010 y del 2011, se observó el reporte de algunos casos en los RIPs, como se muestra en la siguiente tabla. Esto sugiere que estos eventos son consecuencias de las exposiciones ocurridas años atrás, debido al periodo de latencia propio de la enfermedad.

Tabla 5.35. Consultas y mortalidad por mesotelioma en Colombia (2009-2011).

| Presentación | Consultas (año) | | Mortalidad (año) | |
|------------------------|-----------------|------|------------------|------|
| | 2010 | 2011 | 2009 | 2010 |
| Mesotelioma pleural | 4 | 11 | 12 | 13 |
| Mesotelioma peritoneal | 1 | 14 | 15 | 16 |

Nota: Fuente: RIPs

Más allá de los efectos sobre las personas expuestas ocupacionalmente, el asbesto producido e importado, es usado como material de construcción, principalmente tejas, de una importante proporción de viviendas (principalmente de estratos bajos) en Colombia. Esta práctica ha sido descrita en países como México, donde tampoco se ha legislado la prohibición total del asbesto (Aguilar et al, 2003), siendo permitido el uso del asbesto crisotilo solamente y no de anfíboles.

5.10. Sustancias tóxicas en la minería

Si bien en Colombia desde épocas prehispánicas han habido actividades mineras, en los últimos años ha tenido un auge mucho mayor, lo que amerita considerar de manera especial el potencial impacto que tiene la minería en la salud de las poblacionales expuestas (Ponce, 2012). Los productos mineros más importantes en el país, de acuerdo a la cantidad producida, son en orden decreciente: caliza para cemento, carbón, mineral de hierro, sal marina, sal terrestre, ferroníquel, cobre, oro, platino y esmeraldas (Ministerio de Minas y Energía, 2011). Los dos primeros de éstos tienen importancia para la salud ambiental porque durante su extracción o transporte se pueden generar polvos que son dispersados en el ambiente, generando contaminación del aire; los efectos en la salud suelen ser en los trabajadores, aunque también se han reportado en varios lugares del mundo efectos en residentes que viven cerca a las minas o a los lugares de transporte (Yu et al, 2011), entre los que sobresalen el deterioro de la función pulmonar, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la enfermedad pulmonar restrictiva, la neumoconiosis y, posiblemente, algunas neoplasias de los pulmones, el estómago y el colon (Meo, 2008).

Desde el punto de vista de las sustancias tóxicas, tienen importancia especial las minas de carbón, mineral de hierro, ferroníquel, cobre, oro y platino, que son reconocidas internacionalmente como lugares donde se han reportado efectos adversos en la salud de las comunidades circunvecinas. Los principales lugares de extracción de estos productos en Colombia, de acuerdo con la información suministrada por Ingeominas, se describen en la tabla 5.36 (Ingeominas, 2012); a éstos lugares, se debe sumar el ferroníquel que se produce en Cerro Matoso (Monte Libano, Córdoba) y el hierro en Minas Paz del Río (Boyacá).

Tabla 5.36. Lugares donde se extrae carbón en Colombia (tercer trimestre, 2012).

| Departamento | Minas |
|---|---|
| Guajira | Cerrejón Zona Norte |
| | Consortio Cerrejón Área Patilla |
| | Carbones Colombianos del Cerrejón Área La Comunidad |
| | Carbones del Cerrejón Área La Comunidad |
| | Carbones del Cerrejón Área Oreganal |
| Cesar | Drummond Ltda - Área La Loma |
| | Drummond Ltda - El Descanso |
| | Carbones El Tesoro S.A. |
| | Carbones de La Jagua |
| | Consortio Minero Unido S.A. |
| | C.I. Prodeco S.A. |
| | Compañía carbones del Cesar S.A. |
| | Comercializadora Internacional |
| | Colombian Natural Resources I SAS |
| | Norcarbon S.A. - Area La Divisa |
| | Emcarbon S.A.- Diamond Ltda-Vale |
| Carbones del Caribe Área La Guacamaya y Mina Bijao | |
| Antioquia | Antioquia |
| Boyacá | Boyacá |
| Casanare | Casanare |
| Cauca | Cauca |
| Cundinamarca | Cundinamarca |
| Santander | Santander |
| Norte de Santander | Norte de Santander |
| Valle del cauca | Valle del Cauca |

Nota: Fuente: Ingeominas,2012.

5.10.1. Estudios en minas de carbón

Infelizmente no hay muchos estudios que exploren los efectos en la salud humanas asociados a la exposición a minas de carbón. El único que se pudo localizar es un estudio que exploró los efectos citogenéticos entre individuos expuestos a residuos de carbón, procedentes de la mina de El Cerrejón, en La Guajira (León et al, 2011). Participaron 100 individuos no expuestos y 100 expuestos, que realizaban actividades en los procesos de transporte del carbón extraído, mantenimiento, pelado del carbón o embarque del carbón. Las pruebas citogenéticas incluyeron el ensayo del cometa y la frecuencia de micronúcleos. Los resultados más importantes se resumen en la tabla 5.37.

Tabla 5.37. Resultados de pruebas citogenéticas entre individuos expuestos y no expuestos a residuos del carbón, el Cerrejón.

| Grupos | Ensayo del cometa (100 linfocitos/individuo) | | | Micronúcleos X 2000 células binucleadas / individuo |
|---------------|--|--------------------|----------------|---|
| | Longitud de cola | ADN de la cola (%) | Índice de daño | |
| No expuestos | 14.3 ± 2.5 | 2.9 ± 1.5 | 9.0 ± 6.4 | 2.9 ± 4.40 |
| Expuestos | 23.4 ± 6.5 | 13.1 ± 7.9 | 60.0 ± 39.5 | 8.6 ± 4.8 |
| Extracción | 22.9 ± 7.1 | 12.0 ± 7.9 | 55.9 ± 40.1 | 7.9 ± 4.2 |
| Mantenimiento | 23.6 ± 6.0 | 13.5 ± 7.7 | 62.7 ± 38.2 | 8.6 ± 5.0 |
| Pelado | 25.1 ± 7.1 | 16.5 ± 9.4 | 74.0 ± 45.9 | 8.5 ± 4.7 |
| Embarque | 22.2 ± 3.7 | 11.8 ± 6.1 | 53.8 ± 31.0 | 11.0 ± 5.8 |

Nota: fuente: León G, Espitia L, Hoyos LS, Da Silva J, Hartmann A, Henriques JA, et al. Assessment of DNA damage in coal open-cast mining workers using the cytokinesis-blocked micronucleus test and the comet assay. Science of the Total Environment;2011;409:686-691.

Como se puede apreciar, en todas las pruebas los grupos expuestos tuvieron mayor daño que los no expuestos; los hallazgos también sugieren que el trabajo en las actividades de pelado del carbón presentan mayor daño en la prueba de ensayo del cometa, y en el embarque en la prueba de micronúcleos.

5.10.2. Estudios de minas de metales preciosos

En los alrededores de minas de metales preciosos se ha reportado la presencia natural de arsénico, cadmio, cobre, plomo, zinc, entre otros minerales (Lim et al, 2008), los cuales pueden llegar a través de diferentes medios a la población residente en las cercanías e incluso ocasionar efectos nocivos sobre la salud. Esto es adicional a las sustancias tóxicas que el hombre incorpora al ambiente en alguna etapa del proceso extractivo, como lo son el mercurio y el cianuro. En la siguiente tabla se encuentran los principales lugares del país donde hay extracción de metales preciosos.

Tabla 5.38. Lugares donde se extraen minerales preciosos (oro, plata o platino) en Colombia (tercer trimestre, 2012).

| Departamento | Municipios |
|--------------|--|
| Amazonas | La Pedrera, Leticia, Puerto Arica, Puerto Santander, Tarapaca |
| Antioquia | Antioquia, Abejorral, Abriaquí, Alejandría, Amaga, Amalfi, Andes, Angostura, Anorí, Anza, Apartado, Argelia, Barbosa, Bello, Belmira, Betania, Bolívar, Briceño, Buriticá, Cáceres, Caicedo, Caldas, Campamento, Cañasgordas, Caracolí, Caramanta, Carepa, Caucasia, Chigorodo, Cisneros, Cocorna, Concepción, Concordia, Copacabana, Dabeiba, Don Matías, Ebejico, El Bagre, Entrerrios, Envigado, Fredonia, Frontino, Giraldo, Girardota, Gomez Plata, Guadalupe, Guarne, Guatapé, Heliconia, Hispania, Itagüí, Ituango, Jardín, Jericó, La Ceja, La Pintada, La Estrella, Liborina, Maceo, Marinilla, Medellín, Montebello, Mutata, Nariño, Nechi, Necoclí, Peñol, Puerto Berrio, Puerto Nare, Puerto Triunfo, Remedios, Retiro, Rionegro, Sabanalarga, |

| | |
|--------------------|--|
| | Salgar, San Andrés, San Carlos, San Francisco, San Jerónimo, San José de La Montaña, San Luis, San Pedro, San Rafael, San Roque, San Vicente, Santa Bárbara, Santa Fe de Antioquia, Santa Rosa de Osos, Santo Domingo, Segovia, Sonson, Sopetran, Taraza, Titiribí, Toledo, Turbo, Uramita, Urrao, Valdivia, Valparaiso, Vegachi, Venecia, Yali, Yarumal, Yolombo, Yondo, Zaragoza |
| Arauca | Arauca |
| Atlántico | Barranquilla |
| Bolívar | Arenal, Barranco de Loba, Cartagena, El Peñón, Hatillo de Loba, Magangué, Margarita, Mompo, Montecristo, Morales, Norosí, Pinillos, Rivoviejo, San Fernando, San Jacinto del Cauca, San Martín de Loba, San Pablo, Santa Rosa Sur, Simití, Tiquisio |
| Boyacá | Puerto Boyacá, Sogamoso |
| Caldas | Aguadas, Anserma, Chinchina, Filadelfia, La Dorada, La Merced, La Victoria, Manizales, Marmato, Neira, Norcasia, Pacora, Palestina, Pensilvania, Rio Sucio, Risaralda, Samaná, Supia, Villa María. |
| Caquetá | Albania, Florencia, Puerto Rico, San José de La Fragua, Solano. |
| Cauca | Argelia, Bolívar, Buenos Aires, Caldono, Caloto, El Tambo, Guachene, Guapi, Inza, La Sierra, López de Micay, Patia, Popayan, Puerto Tejada, Santander De Quilichao, Santa Rosa, Suarez, Timbiquí, Toribio |
| Cesar | Valledupar |
| Chocó | Acandí, Alto Baudó, Atrato, Bagadó, Bahía Solano, Bajo Baudó, Bojaya, Cantón De San Pablo, Carmen De Atrato, Certegui, Condoto, Istmina, Litoral Del San Juan, Lloro, Medio Atrato, Medio Baudó, Medio San Juan, Novita, Quibdó, Riosucio, Río Iro, Río Quito, San José Del Palmar, Sipí, Tadó, Unguía, Unión Panamericana |
| Córdoba | Ayapel, Buenavista, La Apartada, Montelibano, Montería, Planeta Rica, Pueblo Nuevo, Puerto Libertador, Sahagún, San Antero, San Carlos, San José de Uré. |
| Cundinamarca | Girardot, Pacho |
| Guainía | Puerto Inírida |
| La Guajira | Riohacha |
| Guaviare | San José del Guaviare |
| Huila | Agrado, Aipe, Gigante, Iquira, Neiva, Palermo, Pitalito, Tarquí, Tesalia |
| Magdalena | Aracataca, Ciénaga, El Banco, Fundación, Santa Marta |
| Meta | Puerto Rico |
| Nariño | Barbacoas, Buesaco, Cumbal, Cumbitara, El Charco, Ipiales, La Llanada, Los Andes, Magui Payan, Mallama, Mosquera, Pasto, Policarpa, Roberto Payan, Samaniego, Santa Bárbara, Santa Cruz De Guachavez, Tumaco. |
| Norte de Santander | Cúcuta, Villa Del Rosario |
| Putumayo | Valle del Guamuez, Colon, Mocoa, Orito, Puerto Caicedo, Puerto Guzmán, Puerto Leguizamo, Sibundoy, Villa Garzón |
| Quindío | Armenia, Buenavista, Genova, La Tebaida, Quimbaya, Salento |
| Risaralda | Apia, Belén de Umbria, Marsella, Mistrato, Pereira, Pueblo Rico, Quinchia, Santa Rosa De Cabal |
| Santander | Barbosa, Barrancabermeja, Bucaramanga, California, San Gil, Vetás |
| Sucre | San Marcos, Sampues, Sincelejo |
| Tolima | Armero, Ataco, Cajamarca, Casablanca, Chaparral, Coello, Coyaima, Falán, Fresno, El Libano, Ibagué, Lerida, Mariquita, Ortega, Roncesvalles, San Luis, Santa Isabel, Valle De San Juan, Venadillo |
| Valle | Argelia, Bolívar, Buenaventura, Buga, Cali, Calima, Candelaria, Cartago, Dagua, El Cerrito, El Dovio, Ginebra, Guacarí, Jamundi, Palmira, Restrepo, Sevilla, Tuluá, Tumbo |
| Vaupés | Mitu, Taraira |

Nota: Fuente: Lim HS, Lee JS, Chon HT, & Sager M. Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au–Ag mine in Korea. *Journal of Geochemical Exploration*;2008;96:223-230.

La extracción de los metales preciosos facilita que se movilicen muchas sustancias tóxicas, de manera que el suelo y el agua se contaminan, permitiendo que los residentes de la región se expongan a través de múltiples rutas (Miller et al, 2004; Miller et al, 2007). Los efectos en la salud pueden ser variados dada la variedad de sustancias y las mezclas, que son específicas de cada región e, incluso, temporalidad. Este es un tema que requiere estudios especializados, no disponibles en la actualidad.

5.10.3 Níquel: el caso de Cerro Matoso

Cerro Matoso es una mina productora de ferroníquel, aleaciones de hierro y níquel, ubicada en Montelibano, Córdoba (Gleeson et al, 2004), muy cerca del poblado La Unión Matoso; es la mina a cielo abierto más grande del continente americano dedicada a la extracción de níquel. En diversas publicaciones periodísticas se han denunciado problemas de salud entre los trabajadores o ex-trabajadores y en la comunidad de la Unión Matoso, que la población percibe como asociados con la presencia de la mina. Los más sobresalientes son las dermatosis, los problemas respiratorios y el cáncer.

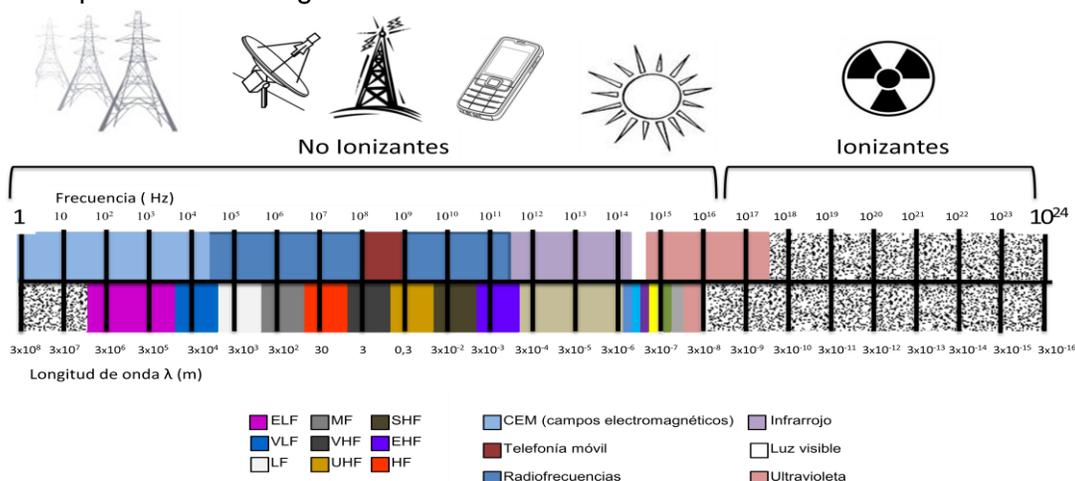
Si bien no se pudieron encontrar estudios con calidad sobre el problema sanitario de Cerro Matoso, existe evidencia científica de algunos problemas de salud asociados con la presencia de minas de níquel. El mismo níquel se considera asociado con cáncer del tracto respiratorio, bajo condiciones específicas (Lightfoot et al, 2010), mismas que aún no han sido estudiadas en la mina colombiana. Los problemas sanitarios en minas de níquel no son exclusivos de Colombia, y existen varios alrededor del mundo, uno de los más conocidos es en Noruega donde se reportó extrema contaminación del agua, caracterizada por alta acidez (pH cercanos a 3.7) y contenidos elevados de azufre, principalmente como ácido sulfúrico (Storesund & Rønning, 2001); estos compuestos azufrados son usados en los procesos de extracción de Cerro Matoso. Al respecto, se sabe que las altas concentraciones de ácido sulfúrico pueden producir quemaduras en piel (Bond et al, 1998); además, su inhalación también puede ocasionar problemas respiratorios por irritación (Roto, 1980). Otro caso conocido es el de Soroako, Indonesia, donde se relaciona la presencia de la mina con problemas con el agua y las basuras, problemas nutricionales (Robinson, 1985).

6. RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES (REM-NI)

La exposición a toda forma de energía, es un aspecto tan natural como necesario para el desarrollo y evolución de la vida. De hecho, la existencia de vida en el planeta se debe, entre otras, a la capacidad que desarrollaron los seres vivos para poder utilizar esa energía en su propio beneficio, ya sea como alimento (energía química) o para desarrollar mejor otras actividades de subsistencia (v.gr. uso del fuego) (Strahler y Strahler, 1974). La energía se manifiesta de diferentes formas, una de ellas es por medio de radiaciones electromagnéticas (REM).

El sol es una de las fuentes naturales más importantes de REM que recibe la Tierra. Existe también el campo magnético terrestre (geomagnético), al que todos estamos constantemente expuestos; además en la superficie terrestre, se generan campos eléctricos a partir de la distribución de cargas en las capas atmosféricas. Algunas investigaciones han evidenciado que el campo geomagnético puede inducir ciertas respuestas de comportamiento en organismos biológicos, tales como la magnetotaxis (en bacterias) y la orientación migratoria en mariposas y algunos vertebrados (aves, tortugas, etcétera), por la presencia de pequeños cristales intracraneales de magnetita (mineral ferromagnético) (Bardassano y Elorrieta, 2000).

Figura 6.1. Espectro electromagnético.



Fuente: Elaboración del autor.

*Imágenes tomadas de internet.

Debido a la naturaleza ondulatoria de la REM, es común caracterizarla a través de su frecuencia (cuya unidad es el Hertz, Hz). Cuando la frecuencia de la onda EM es muy alta, los campos eléctricos (CE) y los campos magnéticos (CM) generados están unidos y se consideran como campos electromagnéticos (CEM); en cambio, a frecuencias muy bajas (como las generadas a nivel industrial), los CE y CM se encuentran desacoplados y conviene manejarlos de forma separada (Aponte et al., 2003).

En la actualidad, la exposición a los CE, CM y CEM resulta un hecho frecuente en la vida cotidiana de las personas que habitan sobre todo en los centros urbanos e industriales. La exposición ambiental a estos campos ha venido en aumento con el desarrollo de las tecnologías de comunicación y en general desde que la industria eléctrica hizo su aparición en los albores de la Revolución Industrial de finales del siglo XIX.

Los CEM pueden ser ordenados en un espectro electromagnético (EM) de acuerdo a su frecuencia y/o longitud de onda (figura 6.1). Dado que todo ser vivo es en esencia un conjunto sistematizado de células, tejidos, órganos y aparatos, cuyo funcionamiento requiere del uso y emisión de energía a diferentes niveles, eminentemente está sujeto a la acción y efecto de REM a diferentes frecuencias del espectro, provocando respuestas variadas.

En Colombia, como en el resto del mundo, la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones por parte de la población, ha generado la necesidad de construir un elevado número de instalaciones que emiten REM en diferentes frecuencias (Espinosa y Reveiz, 2009). Este aumento en la infraestructura responde a la necesidad de ampliar la cobertura del servicio con mejor calidad, por lo que son instaladas a menudo en zonas habitacionales o cercanas a escuelas y centros de trabajo. Sin embargo, paralelamente ha crecido la preocupación debido al aumento en el número de antenas de telefonía móvil y en general de la infraestructura de las telecomunicaciones, por las posibles consecuencias que pudieran afectar a la salud de la población, sobre todo porque la mayor parte de la tecnología aun es de importación y su adaptación a los espacios nacionales no necesariamente es la más adecuada desde el punto de vista técnico y cultural (Torres y Ochoa, 2007).

En un estudio reportado por la Comisión de Regulación de las Telecomunicaciones (2002), Bogotá contaba con 6475 antenas en el 2000, de las cuales casi el 90% se localizaban en la zona urbana. Esta situación puede derivar además en un problema urbano debido a que algunas de las antenas instaladas carecen de los permisos para operar, sobre todo las de telefonía móvil. Por ejemplo, el periódico El País reportaba en 2004 que Cali tenía instaladas 182 antenas de telefonía celular de manera irregular.¹ Similarmente, Troya y Zabala (2007) señalan que en Bogotá, el Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DANE) registraba que en el año 2006, sólo 416 antenas estaban legalmente instaladas de un total aproximado de 15.000 antenas de telefonía móvil.

¹ Periódico El País, Santiago de Cali, del miércoles 25 de agosto de 2004.

Es evidente que la industria de la telefonía móvil ha crecido considerablemente en los últimos años, registrando en promedio un crecimiento anual de usuarios del 44.7% (Asomóvil, 2012). En la tabla 6.1 se puede observar la cantidad de cabeceras municipales por Departamento donde hay por lo menos una antena de alguno de los 3 proveedores de servicios de telefonía móvil en Colombia (Comcel, TIGO y Movistar), de acuerdo a la Asociación de la Industria Móvil de Colombia. Se evidencia que en los 1122 municipios considerados, se tiene una cobertura de casi el 99% con el servicio GSM, lo cual representa aproximadamente 34.721 personas por antena (tomando en cuenta una población total de 38.505.969 habitantes en esos municipios).

Tabla 6.1. Cobertura de red celular por departamento y municipios con antena.

| Departamento | Municipios | Tecnología móvil GSM | Personas por antena GSM |
|--------------------|------------|----------------------|-------------------------|
| Amazonas | 11 | 10 (90.91%) | 7.202 |
| Antioquia | 125 | 124 (99.20%) | 48.918 |
| Arauca | 7 | 7 (100%) | 35.363 |
| Atlántico | 23 | 23 (100%) | 100.628 |
| Bolívar | 46 | 44 (95.65%) | 44.995 |
| Boyacá | 123 | 123 (100%) | 10.306 |
| Caldas | 27 | 27 (100%) | 36.236 |
| Caquetá | 16 | 16 (100%) | 27.983 |
| Casanare | 19 | 19 (100%) | 17.137 |
| Cauca | 42 | 42 (100%) | 31.404 |
| Cesar | 25 | 25 (100%) | 38.657 |
| Choco | 30 | 30 (100%) | 15.872 |
| Córdoba | 30 | 29 (96,67%) | 54.576 |
| Cundinamarca | 116 | 116 (100%) | 21.354 |
| Guainía | 9 | 3 (33.33%) | 12.776 |
| Guajira | 15 | 15 (100%) | 43.730 |
| Guaviare | 430 | 4 (100%) | 270.800 |
| Huila | 37 | 37 (100%) | 27.067 |
| Magdalena | 30 | 30 (100%) | 40.046 |
| Meta | 29 | 29 (100%) | 30.030 |
| Nariño | 64 | 64 (100%) | 25.618 |
| Norte de Santander | 40 | 40 (100%) | 48.760 |
| Putumayo | 13 | 13 (100%) | 25.084 |
| Quindío | 12 | 12 (100%) | 45.802 |
| Risaralda | 14 | 14 (100%) | 66.079 |
| San Andrés | 2 | 2 (100%) | 36.660 |
| Santander | 87 | 87 (100%) | 23.108 |
| Sucre | 26 | 26 (100%) | 31.179 |
| Tolima | 47 | 47 (100%) | 29.524 |
| Valle de Cauca | 42 | 42 (100%) | 104.356 |
| Vaupés | 6 | 6 (100%) | 6.922 |
| Vichada | 4 | 4 (100%) | 15.918 |
| Bogotá | 1 | 1 (100%) | ND |

Nota Fuente: [ASOMOVIL] Asociación de la Industria Móvil de Colombia. Informe telefonía móvil de Colombia. Bogotá: ASOMOVIL;2012.

6.1. Clasificación de la radiación electromagnética

El espectro EM, se extiende desde frecuencias extremadamente bajas ($<10^2$ Hz) hasta valores exponencialmente muy superiores (10^{20} Hz) pertenecientes a la radiación gamma (γ) y cósmica. El espectro EM se encuentra dividido en regiones limitadas, sea por la tecnología o por los fenómenos físicos que estén bajo consideración. De esta manera, el espectro EM se divide en dos regiones: ionizante (a partir de 10^{15} Hz) y no-ionizante (por debajo de 10^{15} Hz) cuya diferencia principal es que en la segunda, los efectos de la radiación son demasiado débiles para romper los enlaces que mantienen unidas a las moléculas en las células. En la tabla 6.2 se describe el espectro EM, donde se indican los servicios que pertenecen a cada banda de frecuencias (Comisión de Regulación de Telecomunicaciones, 2002).

Tabla 6.2. Rangos de frecuencias y su clasificación por tipos de servicios.

| Rango de Frecuencias | Banda | Descripción | Longitud de Onda | Tipos de Servicios |
|----------------------|-------|----------------------------------|---------------------|---|
| 30-300 KHz | LF | Frecuencias Bajas | 10-1 Km | Radio de Onda Larga, Transmisores de LF |
| 300-3000 KHz | MF | Frecuencias Medias | 1-0.1 Km | Radio AM, Radio Navegación |
| 3-30 MHz | HF | Frecuencias Altas | 0.1-0.01 Km | Radio CB, Aficionados, Comunicaciones de Radio HF |
| 30-300 MHz | VHF | Muy Altas Frecuencias | 0.01-0.001 Km | Radio FM, TV VHF, Servicios de Emergencias, Aficionados |
| 300-3000 MHz | UHF | Ultra Altas Frecuencias | 0.001-0.0001 Km | Radio FM, TV VHF, Servicios de Emergencias, Aficionados |
| 3-30 GHz | SHF | Super Altas Frecuencias | 0.0001-0.00001 Km | Micro-ondas, comunicaciones satelitales, radar, micro-ondas punto a punto |
| 30-300 GHz | EHF | Extremadamente Altas Frecuencias | 0.00001-0.000001 Km | Radar, Radio Astronomía, Enlaces de Micro-ondas cortas |

Nota: Fuente: [ICNIRP] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health physics;1998;74:494-522.

* Adaptado de www.icnirp.de

6.2. Características de la radiación electromagnética no ionizante (REM-NI)

En general, las fuentes electromagnéticas producen tanto energía radiante (radiación) como no radiante (campos). Se le llama REM a la emisión de energía en forma de fotón a la velocidad de la luz o muy cercana a ella. Por ejemplo, la energía que escapa de un circuito o equipo eléctrico se considera energía electromagnética radiante, la cual generará un CEM que podrá a su vez ejercer influencia con cualquier partícula presente que esté eléctricamente cargada.

La tabla 6.3 contiene información de las unidades del sistema internacional (SI) para diferentes mediciones de los CE, CM y CEM. De otro lado, los campos estáticos ($f = 0$ Hz) no emiten ondas. En la gama de frecuencias de REM-NI encontramos desde aquellas bajas a extremadamente bajas (LF/ELF) menores a los 300 kHz, hasta el orden de los THz (correspondientes a radiaciones infrarrojas, luz visible y ultravioleta, donde se acostumbra referirlas por las longitudes de onda y ya no por su frecuencia), pasando por las radiofrecuencias (hasta 300 MHz) y las microondas (hasta los 300 GHz).

Tabla 6.3. Mediciones eléctricas, magnéticas y electromagnéticas y sus unidades correspondientes.

| Mediciones | Símbolo | Unidades |
|---|------------|---|
| Conductividad | σ | Siemens por metro ($S m^{-1}$) |
| Corriente | I | Amperio (A) |
| Densidad de corriente | J | Amperio por metro cuadrado ($A m^{-2}$) |
| Frecuencia | f | Hertz (Hz) |
| Campo eléctrico | E | Voltio por metro ($V m^{-1}$) |
| Campo magnético | H | Amperio por metro ($A m^{-1}$) |
| Densidad de flujo magnético | B | Tesla (T) |
| Permeabilidad magnética | μ | Henrio por metro ($H m^{-1}$) |
| Permisividad | ϵ | Faraday por metro ($F m^{-1}$) |
| Densidad de potencia | S | Watt por metro cuadrado ($W m^{-2}$) |
| Absorción específicas de energía | SA | Joule por kilogramo ($J Kg^{-1}$) |
| Tasa de absorción específica de energía | SAR | Watt por kilogramo ($W Kg^{-1}$) |

Nota: Fuente: [ICNIRP] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health physics;1998;74:494-522.

6.2.1. Frecuencias extremadamente bajas (ELF).

Ondas que están entre 1 Hz y 300 Hz; generadas en las instalaciones de transporte y distribución de energía eléctrica que actúan a 60 Hz para nuestro país, por lo que son también llamados de frecuencia industrial. Los CEM más significativos son debidos a líneas de transmisión de energía eléctrica de alta tensión y subestaciones eléctricas. En estas últimas, los CEM más intensos son generados por líneas entrantes y salientes. En general los CE

generados por líneas de transmisión tienen poca capacidad de penetrar edificios aledaños y su efecto disminuye con la distancia, mientras que los CM pueden atravesar mejor barreras físicas, pero están determinados por la intensidad de corriente y también disminuyen su efecto en los organismos a medida que se alejan de la fuente que los genera (Torres H, 2005).

6.2.2. Radiofrecuencias (Rf).

Frecuencias comprendidas entre 3 KHz a 300 MHz, e incluyen las fuentes de alimentación conmutadas, las estaciones de radiodifusión de amplitud modulada AM (525–1 735kHz), las estaciones de radiodifusión de frecuencia modulada FM (88–108 MHz), las estaciones de televisión “por aire” en las bandas de frecuencias muy altas (VHF) y ultraaltas (UHF) y los sistemas de comunicación móviles por celdas (800 y 1 900 MHz) (Skvarca y Aguirre, 2006).

6.2.3. Microondas (mW).

Frecuencias superiores a 300 MHz hasta 300 GHz, son producidas por telefonía móvil, hornos microondas, radares y sistemas de comunicación; la telefonía móvil o celular actualmente emplea bandas entre 800 MHz a 1.900 MHz (microondas), con transmisión directa. Los elementos básicos de este sistema son dos: el terminal o teléfono móvil y la estación base. Para los terminales la potencia varía entre 0.6 W a 2 W.

Las principales fuentes de generación artificial de REM-NI identificadas en Colombia se caracterizan por tener mayor grado de coherencia que una fuente natural (es decir, las frecuencias están bien definidas) y son las líneas de distribución y transmisión de energía eléctrica, las subestaciones de energía eléctrica, la telefonía móvil y los electrodomésticos (Torres y Ochoa, 2007c). Estos últimos son equipos que forman parte de nuestra vida diaria y son generadores de contaminación electromagnética (llamada también electro-contaminación). Pueden presentar mayor riesgo que las subestaciones eléctricas y líneas de transmisión, dado que su uso es cotidiano, se da a una mayor cercanía del organismo y por su construcción algunos no presentan parámetros de protección apropiados. Los electrodomésticos que presentan los CM más altos son aquellos que requieren intensidades altas de corriente, como las aspiradoras, hornos de microondas, lavadoras, etcétera.

De otro lado, la telefonía móvil y la infraestructura necesaria para su operación destacan en el contexto nacional dada su relevancia. En teoría, la tecnología celular y la internet surgen como un medio para facilitar la comunicación entre personas que se encuentran a grandes distancias, ya sea por medio de la voz o la transmisión de datos. No obstante, este uso es ya simplemente la forma básica de ambos, ya que con el paso del tiempo se han desarrollado nuevos usos y nuevos significados (Espinosa y Reveiz, 2009).

Las redes de telefonía móvil o celular se dividen en áreas geográficas denominadas células o celdas, con una superficie hexagonal aproximada de 26 Km². Cada una de ellas

cuenta con alrededor de 56 canales de voz disponible (es decir, en cualquier celda pueden estar hablando 56 personas por sus teléfonos celulares al mismo tiempo, aunque la transmisión digital puede triplicar esta capacidad) a través del servicio que ofrece una estación base que identifica a cada célula. Para comunicarse, el usuario se conecta con la estación base de telefonía móvil a través de la terminal y el sistema asegura que la conexión se mantenga si el usuario pasa de una célula a otra. Cuando se enciende un teléfono móvil, responde a ciertas señales de control de las estaciones base de telefonía móvil más cercanas. Cuando ha localizado una estación base de telefonía móvil idónea, el celular inicia una conexión a la red con intensidades de bajo poder (0.6 W y 3.0 W). El teléfono permanece en reposo, excepto por alguna actualización ocasional, hasta que se realiza o se recibe una llamada.

6.3. Estudios de exposición a radiaciones no ionizantes

Los primeros reportes relacionados con la medición y efectos potenciales de la exposición a CEM datan de finales del siglo pasado, y estaban sobre todo orientados a la necesidad de contar con normatividad que regulara la exposición de los trabajadores en ambientes ocupacionales y del público en general en Colombia. Es importante hacer distinción entre estas dos poblaciones potencialmente expuestas, ya que si bien es frecuente que los trabajadores pueden estar expuestos a intensidades más altas de REM según la actividad que realicen y el giro de la empresa, el tiempo de exposición es menor y lo hacen en la mayoría de las veces con cierta protección, mientras que el público general es el que puede pasar inadvertido de exposiciones ambientales crónicas. La población en general (la cual es mucho más numerosa que la población expuesta a las radiaciones por razones laborales) puede correr riesgos que por lo general no se pueden controlar individualmente. Por ello se establece que los valores límite de exposición de la población en general deben ser en promedio una quinta parte de los valores límite aceptados para la exposición ocupacional en la mayor parte del espectro (de 10 MHz a 300 GHz) y equivale a la densidad de potencia de una onda plana incidente necesaria para producir una tasa de absorción específica promedio de cuerpo completo de 0,08 W/kg (Skvarca y Aguirre, 2006).

En Colombia, los pocos estudios realizados sobre la exposición de la población a REM-NI se concentran en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Pereira, Manizales y Bucaramanga (Llamosa et al., 2010; Álvarez y Tamayo, 2004; Londoño et al., 1997). De acuerdo con Torres JI y Agudelo (2007), existe un problema subyacente respecto a la exposición potencial a REM-NI en el país: la falta de entidades acreditadas que certifiquen niveles de exposición de manera confiable. Lo anterior aunado al hecho de que es prácticamente inexistente un registro de quejas ciudadanas entorno a la potencial exposición de REM-NI, a pesar de que existen evidencias en la prensa local y nacional de las denuncias públicas realizadas.

6.3.1. Normatividad.

Las primeras normas de protección ambiental emitidas en Colombia datan del siglo pasado mediante la promulgación del Código Nacional de Recursos Naturales Decreto 2811 de 1974. Sin embargo, la contaminación por REM aun era tema incipiente incluso a nivel internacional y había pocas instancias pretendiendo su regulación. La contaminación EM no-ionizante es un subproducto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, para uso doméstico e industrial y también de actividades de telecomunicación. Este tipo de contaminación genera a su vez conflictos ambientales urbanos derivados justamente de aplicaciones incorrectas de la poca normatividad existente (Torres y Ochoa, 2007).

En Colombia se empezó a trabajar desde el año 2003 en la búsqueda de normar la protección contra la exposición a CEM por parte del Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC).

Sólo once países latinoamericanos poseen normas que regulan las dosis de exposición permitida a las REM-NI: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, México, Perú y Venezuela, las cuales fueron basadas en las recomendaciones de la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP por sus siglas en inglés) o del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés).

Sin embargo, ya desde finales del siglo pasado el Gobierno en su intento de regulación adoptó los límites de exposición de las personas a CEM determinados por la ICNIRP "Recomendaciones para limitar la exposición a CEM", de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T K.52) "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición a los CEM" y la Recomendación 1999/519/EC del Consejo Europeo "Por la cual se establece los límites de exposición del público en general a CEM"; legalizándolo en el Decreto 195 de 2005, expedido por el Gobierno Nacional y elaborado por los Ministerios de Comunicaciones, de la Protección Social y del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, "por el cual se adoptan límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones". La regulación para Rf se obtiene mediante resolución del Ministerio de Comunicaciones, número 001645 del 29 de julio de 2005, el cual reglamenta los límites permisibles de exposición a radiaciones de Rf basado en recomendaciones de la UIT antes mencionada. Asimismo, se emite el Decreto distrital 061 del 31 de enero de 1997 "por el cual se establecen las normas urbanísticas y arquitectónicas necesarias para la aprobación del diseño y la ocupación temporal o permanente del espacio donde se instalarán los elementos que conforman una estación de la red de telecomunicaciones inalámbricas, y se dictan otras disposiciones", finalmente derogado y sustituido por el Decreto 676 de 2011.

Decreto 195 de 2005. Es aplicable a quienes presten servicios y/o actividades de telecomunicaciones en la gama de frecuencias de 9 KHz a 300 GHz, en el territorio colombiano. Las disposiciones de este decreto no aplican para los emisores no intencionales, las antenas receptoras de radiofrecuencia, fuentes inherentemente conformes y los equipos o dispositivos

radioeléctricos terminales del usuario. El Decreto 195 de 2005 establece límites de exposición por tipo de población expuesta, es decir, en público en general y aquella ocupacionalmente expuesta (tabla 6.4).

Tabla 6.4. Límites máximos de exposición según frecuencia de operación.

| Tipo de exposición | Gama de frecuencia | Intensidad del campo eléctrico E (V/m) | Intensidad del campo magnético B (A/m) | Densidad de potencia de onda plana equivalente, S (W/m ²) |
|---------------------------|--------------------|--|--|---|
| Ocupacional | 9-65 KHz | 610 | 24,4 | - |
| | 0,065-1 MHz | 610 | 1,6/f | - |
| | 1-10 MHz | 610/f | 1,6/f | - |
| | 10-400 MHz | 61 | 0,16 | 10 |
| | 400-2.000 MHz | 3f ^{1/2} | 0,008f ^{1/2} | f/40 |
| | 2-300 MHz | 137 | 0.36 | 50 |
| | 9-150 MHz | 87 | 5 | - |
| | 0,15–1 MHz | 87 | 0.73/f | - |
| Público en general | 1-10 MHz | 87f ^{1/2} | 0.73/f | - |
| | 10-400 MHz | 28 | 0,073 | 2 |
| | 400-2.000 MHz | 1,375f ^{1/2} | 0.00037 f ^{1/2} | f/200 |
| | 2-300 GHz | 61 | 0,16 | 10 |

Nota Fuente: Decreto 195 de 2005. Bogotá DC: [MAVDT] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / Presidente de la república;2005.

Por lo regular, la presencia de antenas de transmisión-retransmisión obedece a necesidades técnicas de eficiencia operativa, las cuales deben cumplir además con criterios de tipo urbanístico. Antes del Decreto 195 de 2005, desde el punto de vista ambiental, las antenas de telecomunicaciones eran solamente consideradas elementos de posible contaminación visual, por lo que debían armonizar con el entorno una vez que garantizaran la seguridad de la infraestructura civil y de conformidad con la normativa aeronáutica. Esto último obedece a que la operación de equipos de telecomunicación podría llegar a interferir seriamente con el equipo de navegación de aeronaves durante el despegue y aterrizaje.

Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas (RETIE) de 2005. (MINMINAS, 2005) Define requisitos para valores máximos permisibles de CE y CM para frecuencias extremadamente bajas (25 Hz – 1000 Hz), en zonas donde pueda permanecer el público. El valor máximo de la intensidad del CE es de 10 KV/m, mientras que para el CM, medido como densidad de flujo magnético (B), es de 0,6 mT.

El RETIE establece que “debe entenderse que ningún sitio donde pueda estar expuesto el público debe superar estos valores. Para líneas de transmisión estos valores no deben ser superados dentro de la zona de servidumbre y circuitos de distribución a partir de distancias de seguridad (2,3 m horizontal)”. Sin embargo, el RETIE en el capítulo II define estas distancias de seguridad para contacto y no define explícitamente si cubren el riesgo por REM. Sería

recomendable una revisión del artículo 14 de dicho reglamento, con el fin de definir el límite sobre la cual se considera riesgosa la exposición a REM-NI (Torres y Ochoa, 2007).

Recomendación UIT-T K.52 Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos. Es un documento elaborado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (organismo especializado de la ONU) en el año 2000. La recomendación señala que su finalidad es facilitar el cumplimiento por las instalaciones de telecomunicación de los límites de seguridad cuando existe exposición de las personas a campos electromagnéticos (CEM). Esta recomendación no establece límites de seguridad, ya que su objetivo es presentar técnicas y procedimientos para evaluar el cumplimiento por las instalaciones de telecomunicación de los límites de seguridad nacional (Decreto 195 de 2005) e internacionales (ICNIRP, 1998).

ICNIRP (1998). La Comisión Internacional para la Protección contra Radiación No Ionizante es un órgano independiente avalado por la Organización Mundial de la Salud. En 1998 terminó de elaborar un documento donde se establecían límites sugeridos de exposición máxima a CE, CM y CEM. Las recomendaciones de la ICNIRP cubren la banda de frecuencia más amplia y es actualmente el referente a nivel Unión Europea para la toma de decisiones en medidas de seguridad al respecto. De acuerdo a la ICNIRP, en la actualidad sólo se puede concluir que no hay una evidencia convincente de efectos cancerígenos y que los datos no se pueden usar como base para desarrollar recomendaciones de exposición.

6.4. Estudios sobre REM-NI en Colombia

La mayoría de los estudios responden a motivaciones relacionadas por la preocupación generalizada debido a la proliferación de antenas de transmisión-retransmisión de telefonía celular y la cercanía de subestaciones eléctricas y torres de alta tensión a zonas habitacionales, más que por las características intrínsecas de las radiaciones emitidas (Troya y Zabala, 2007). Es importante señalar, empero, que las recomendaciones de seguridad están más enfocadas a establecer límites de exposición más que de emisión, por lo que la medida más sencilla es restringir el acceso a las fuentes de exposición. Esto obedece a que la densidad de potencia recibida por un individuo es dependiente de su posición relativa a la fuente, reduciéndose el efecto a medida que aumenta la distancia.

Las Encuestas Nacionales de Calidad de Vida (ENCV) permiten tener una aproximación al número de personas expuestas a diferentes fuentes de emisión de REM-NI. De manera extra-domiciliaria, un poco más de la décima parte de la población reporta vivir cerca de una línea de alta tensión; entre éstos sobresalen las regiones más apartadas (Orinoquía y Amazonía, Pacífica sin Valle y Atlántica), lo que sugiere un patrón de urbanización que aglomera a la población (tabla 6.5).

Tabla 6.5. Individuos que reportan que su vivienda se encuentra cerca de una línea de alta tensión (LAT).

| Región | % de individuos cerca de una LAT | IC 95% |
|--------------------------|----------------------------------|---------------|
| Atlántica | 13.25 | 11.72 - 14.77 |
| Oriental | 10.7 | 9.31 - 12.09 |
| Central | 9.69 | 8.40 - 10.98 |
| Pacífica (sin Valle) | 15.34 | 13.81 - 16.88 |
| Bogotá | 11.84 | 9.96 - 13.72 |
| Antioquia | 9.56 | 8.25 - 10.86 |
| Valle del Cauca | 10.84 | 9.46 - 12.21 |
| San Andrés y Providencia | 2.32 | 1.16 - 3.48 |
| Orinoquía y Amazonía | 16.23 | 13.30 - 19.16 |
| Global | 11.4 | 10.88 - 11.93 |

Fuente: [DANE] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas en Colombia. Encuesta Nacional de Calidad de Vida. Encuesta Nacional. Bogotá DC: DANE;2011.

Las mismas ENCV también informan sobre la tenencia de electrodomésticos que emiten radiaciones no ionizantes (tabla 6.6). Lo más sobresaliente en este caso, es que Bogotá es la región que concentra mayor número de electrodomésticos en el hogar; también es evidente que los televisores son los electrodomésticos a los cuales mayor número de individuos se exponen, y que el horno microondas es el que menos se adquiere en los hogares colombianos, entre los explorados. Esto resulta contrario a lo observado con la cercanía a las líneas de alta tensión.

Tabla 6.6. Tenencia de electrodomésticos generadores de REM-NI.

| Región | % individuos con electrodomésticos que generan REM-NI | | | |
|--------------------------|---|-----------------------|------------------|--------------------|
| | Televisión por cable | Nevera o refrigerador | Horno microondas | Televisión a color |
| Atlántica | 28.01 | 61.73 | 7.78 | 83.04 |
| Oriental | 31.09 | 66.30 | 9.72 | 86.56 |
| Central | 40.56 | 77.26 | 9.46 | 87.76 |
| Pacífica (sin Valle) | 31.49 | 51.81 | 5.78 | 81.27 |
| Bogotá | 70.51 | 84.11 | 35.34 | 97.01 |
| Antioquia | 43.59 | 77.72 | 16.23 | 87.33 |
| Valle del Cauca | 54.20 | 86.42 | 12.58 | 93.35 |
| San Andrés y Providencia | 37.40 | 90.85 | 24.16 | 97.67 |
| Orinoquía y Amazonía | 48.84 | 79.26 | 10.57 | 91.35 |
| Global | 37.96 | 67.87 | 11.13 | 86.40 |

Fuente: [DANE] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas en Colombia. Encuesta Nacional de Calidad de Vida. Encuesta Nacional. Bogotá DC: DANE;2011.

Finalmente la exposición a celulares, que corresponde a una exposición más individual que las anteriores, también puede ser evaluada poblacionalmente con los datos de la ENCV (tabla 6.7). Lo más notorio al respecto es el amplio uso de teléfonos celulares entre la población colombiana, siendo un poco menor en la región Pacífica (sin Valle) y la Atlántica.

Tabla 6.7. Tenencia de teléfonos celulares en Colombia.

| Región | Individuos con teléfono celular | |
|--------------------------|---------------------------------|---------------|
| | % | IC 95% |
| Atlántica | 83.72 | 82.75 - 84.65 |
| Oriental | 89.53 | 88.56 - 90.45 |
| Central | 91.07 | 89.71 - 92.31 |
| Pacífica (sin Valle) | 80.80 | 79.79 - 81.78 |
| Bogotá | 94.65 | 93.21 - 95.87 |
| Antioquia | 88.31 | 86.80 - 89.70 |
| Valle del Cauca | 92.05 | 90.79 - 93.19 |
| San Andrés y Providencia | 89.63 | 86.91 - 91.96 |
| Orinoquía y Amazonía | 92.36 | 90.02 - 94.29 |

Fuente: [DANE] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas en Colombia. Encuesta Nacional de Calidad de Vida. Encuesta Nacional. Bogotá DC: DANE;2011.

6.4.1. Exposición a campos electromagnéticos (CEM) y a radio-frecuencias (Rf)

Los cálculos de exposición a CE están basados en intensidades de campo no perturbados, es decir, la intensidad de campo medida removiendo a la persona del área de influencia. En una tormenta, los CE son de alrededor de 50 KV/m, mientras que cerca del suelo el CE es en promedio de 200V/m. Se tienen registros que el humano es capaz de percibir sensorialmente en promedio CE con intensidades que van de 7 KV/m a 27 KV/m (Torres H, 2005).

En seres vivos, los CM pueden inducir pequeños flujos de corriente eléctrica en los organismos expuestos, dependiendo de su magnitud, mientras que los CE pueden ejercer fuerzas en moléculas cargadas principalmente, y en las estructuras celulares de un tejido (Jaimes y Vázquez, 1996).

A frecuencias altas (300 MHz – 300 GHz), es decir, a frecuencias mayores a la resonancia del cuerpo humano, el parámetro de referencia para medir CEM es la densidad de potencia (es decir, el flujo de energía de la onda EM), ya que en este caso la absorción de energía es superficial (Skvarca y Aguirre, 2006). De otro lado, los CEM de frecuencia industrial son poco eficientes como fuentes de radiación. Por ejemplo, Torres H (2005) señala que la potencia típica máxima radiada por una línea de transmisión de energía eléctrica de alta tensión

sería menor de $0,0001 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, mientras que la luna llena deposita sobre la superficie terrestre alrededor de $0,2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ en una noche despejada.

Mientras que los CE se ven afectados por la distancia, la tensión y el diseño de la fuente, los CM por su parte, además dependen de la intensidad de corriente. En Colombia se tienen registradas magnitudes de CM del orden de $2 \mu\text{T}$ para líneas de transmisión de energía eléctrica de 230 KV y de $0,6 \text{ T}$ para líneas de 115 KV, valores muy similares a los obtenidos en otras partes del mundo (Aponte et al., 2003). Es importante señalar que la intensidad de un CEM disminuye a medida que aumenta la distancia, por lo que es preferible regular la exposición de los individuos aislando la fuente de emisión, que tratar de regular la potencia de emisión, ya que muchas veces esto último resulta impráctico o técnicamente inconveniente.

En estudios llevados a cabo por el grupo de alta tensión de la Universidad del Valle (GRALTA,2005), se determinó en subestaciones y líneas de 115 KV de la empresa Energía del Pacífico (EPSA,2013), que la densidad del flujo magnético era de $0,6 \text{ T}$, mientras que para la línea de 230 KV la densidad era de $2 \mu\text{T}$.

Este grupo de investigadores, realizó mediciones en 50 puntos distribuidos en distintas zonas de la ciudad de Cali, con el propósito de conocer y cuantificar los niveles de inmisión de CEM empleando un medidor isotrópico (Aponte et al., 2007). En general, los valores encontrados fueron inferiores al 0,5% del límite establecido por la ICNIRP ($0.2 \text{ mW}/\text{cm}^2$), excepto en 2 sitios, cuya situación era fácilmente corregible colocando un encerramiento alrededor de las estaciones base.

En un estudio posterior, se aumentó a 110 el número de sitios de muestreo en la misma ciudad para caracterizar los CEM por antenas de radio, televisión y estaciones base de telefonía celular, encontrándose valores ligeramente más altos en promedio que los obtenidos en el estudio anterior, pero aun muy por debajo de lo establecido en la normatividad (Escobar et al., 2010).

Anteriormente, otro estudio llevado a cabo en Cali en el 2009, determinó que en 70 antenas de telecomunicación de telefonía móvil, la emisión de densidad de potencia generada en su operación se encontraba dentro de los límites permitidos para la población general de acuerdo al Decreto 195 de 2005 (Espinosa y Reveiz, 2009).

En otro estudio similar esta vez realizado en Bucaramanga, se midieron los niveles de exposición humana para el rango de frecuencias de 10 KHz hasta 3 GHz de acuerdo a la recomendación Internacional UIT-T K.52, encontrando que los niveles en los 3 sitios muestreados estaban a menos del 0,01% del valor de norma establecido (Rugeles et al., 2007). Posteriormente, otro grupo realizó mediciones de campos en banda ancha (inmisión) en la misma ciudad, obteniendo valores que no sobrepasaron los límites de exposición permitidos para público general que establece la UIT-T K.52 y el Decreto 195 de 2005 (Rodríguez CC et al., 2010).

Como se dijo antes, estos estudios se han realizado por lo general en respuesta a la creciente preocupación de la población debida a la proliferación de antenas de comunicación. Este crecimiento se ha observado no sólo en Bogotá sino en todo el país, ya que se reportaba que un número importante era instalado de manera ilegal. Coadyuvando a mantener la transparencia en el uso de la información en este sentido, la Asociación de la Industria Móvil de Colombia (Asomóvil, 2012) publicó recientemente el número de antenas de telefonía móvil identificadas en cada departamento (tabla 6.8).

Tabla 6.8. Distribución de antenas de telefonía móvil por departamento y ciudad.

| Departamento | Ciudad | Total de antenas | Antenas por compañías |
|----------------|---------------|------------------|---|
| Antioquia | Medellín | 88 | Comcel 3GSM (62) TIGO 3.5G (18) FI SONERA (1) Aircel (1) AIS Thailand (1) |
| Atlántico | Barranquilla | 2 | Movistar (1) Play (1) |
| Bolívar | Cartagena | 6 | TIGO 3.5G (6) |
| Caldas | Manizales | 45 | Movistar (44) Vivo (1) |
| Caquetá | Florencia | 4 | Movistar(4) |
| Cauca | Popayan | 24 | Movistar (24) |
| Cundinamarca | Bogota | 100 | TIGO 3.5G (32) Movistar (11) Comcel 3GSM (46) Oi (1) Bite (2) |
| Huila | Neiva | 5 | Movistar (5) |
| Meta | Villavicencio | 7 | TIGO 3.5G (2) Comcel 3GSM (5) |
| Nariño | Pasto | 7 | TIGO 3.5G (7) |
| Quindío | Armenia | 3 | Comcel 3GSM (3) |
| Risaralda | Pereira | 42 | TIGO 3.5G (16) Comcel 3GSM (13) Movistar (13) |
| Santander | Bucaramanga | 12 | Movistar (9) Comcel 3GSM (3) |
| Tolima | Ibagué | 17 | Movistar (1) Comcel 3GSM (16) |
| Valle de Cauca | Cali | 100 | Movistar (86) T-Mobile (4) Comcel 3GSM (9) TIGO 3.5G (1) |

Nota Fuente: [ASOMOVIL] Asociación de la Industria Móvil de Colombia. Informe telefonía móvil de Colombia. Bogotá: ASOMOVIL;2012.

6.4.2. Exposición a radiación ultravioleta (RUV)

Del espectro EM, la radiación ultravioleta (RUV) es la de mayor energía (o frecuencia) que incide sobre la superficie terrestre proveniente del sol, aun así la energía de la RUV no es suficiente para provocar la ionización espontánea de sustancias irradiadas, es decir, está considerada en la frontera de las REM-NI. Sin embargo, existe una excepción en esta clasificación correspondiente al tipo C de RUV (las otras son el tipo A y el B), la cual está clasificada ya en los umbrales de las radiaciones ionizantes (figura 6.1). Afortunadamente, la RUV tipo C (con longitudes de onda entre 100 y 280 nm) junto a otras radiaciones ionizantes (como los rayos X, gamma y cósmicos), son retenidas totalmente por la capa de ozono estratosférica y no llegan a tocar la superficie de la Tierra (González et al, 2009). La clasificación más aceptada de los tipos de RUV y sus correspondientes longitudes de onda se presentan en la tabla 6.9.

Tabla 6.9. Clasificación de las radiaciones ultravioleta.

| Tipo de RUV | | Longitud de onda (nm) |
|-------------|---|-----------------------|
| UVA | Radiación de envejecimiento o “luz negra” | 400-315 |
| UVB | Radiación de quemaduras | 315-280 |
| UVC | Radiación germicida y genotóxica | 280-100 |

Nota Fuente: González M, Vernhes M, & Sánchez- A. La radiación ultravioleta. Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. *Theoria*;2009;19:69-80.

De la luz solar que llega a la Tierra, poco más del 5% es RUV (UVA y UVB) y de esta cantidad aproximadamente el 5% es UVB, la RUV de origen natural entonces mayormente responsable de los efectos biológicos observados. No obstante, la inminente reducción de la capa de ozono estratosférico aumenta cada vez el riesgo de exposición a UVC, lo que conlleva a potenciales efectos genotóxicos (Upton, 2010). El efecto de la exposición a RUV se mide por la dosis efectiva mínima necesaria para producir enrojecimiento de la piel, por medio del MED/hora (minimum erythemat dose por sus siglas en inglés), cuya unidad equivale a 5,83 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (Bohórquez y Pérez, 2007). Otro indicador de exposición a RUV lo constituye el Índice UV (IUV), el cual describe la capacidad de la RUV de causar quemaduras o eritemas en la piel dentro de las 24 horas siguientes a la exposición y determinan el tiempo permisible de exposición a la radiación solar, sin riesgos de afectación para diferentes tipos de piel (IDEAM, 2005). Los IUV son valores adimensionales en una escala entre 0 y 15, indicando mayor peligro de lesión conforme su valor aumenta (tabla 6.10).

Tabla 6.10. Índice UV y su correspondiente riesgo de exposición.

| IUV | Nivel de Riesgo |
|----------|-----------------|
| 0-2 | Mínimo |
| 3-4 | Bajo |
| 5-6 | Moderado |
| 7-9 | Alto |
| 10 y más | Muy Alto |

Nota Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Atlas de radiación solar de Colombia. Producto de Información: Bogotá DC: IDEAM;2005.

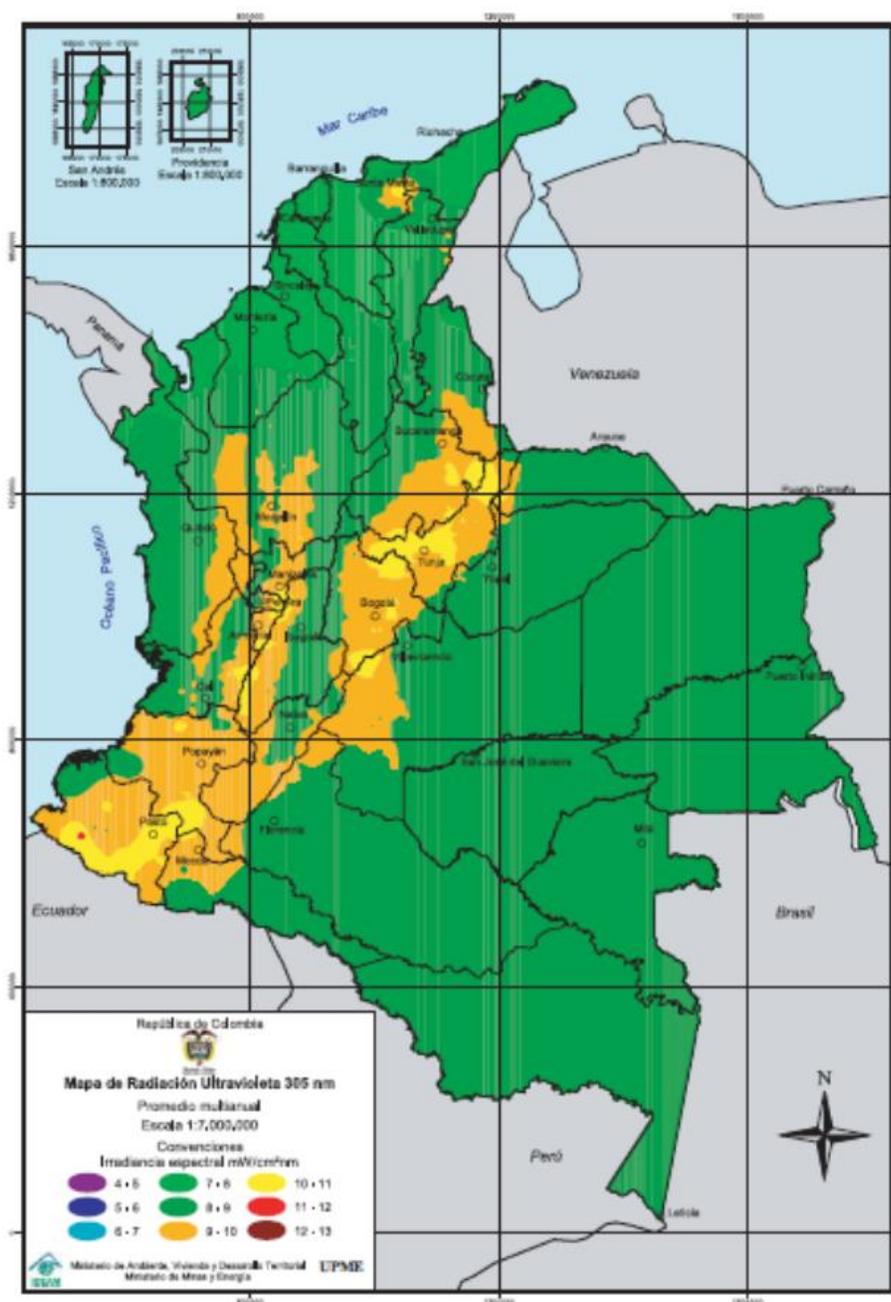
Algunos autores proponen una reclasificación de los IUV, estableciendo que a partir de un valor de 11 el nivel de riesgo es “extremadamente alto”, ya que cualquier valor por encima de 3 ya tiene un efecto perjudicial en la piel (Sanclemente y Hernández, 2010). En las figuras 6.2 y 6.3 se observan los mapas elaborados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales para valores de RUV (a longitud de onda de 305 nm) y el IUV promedio a nivel nacional.

La RUV incidente varía con la latitud, altitud y las estaciones del año (v.g presencia de nubes). Colombia se encuentra localizada en una región con alta radiación UV proveniente del sol, y sus índices UV están entre los más altos del planeta (Lucas et al., 2006). La región de mayor radiación solar en el país es la península de La Guajira y sus valores máximos se presentan en el mes de julio, con promedios superiores a 315 W/m^2 (reportado como $650 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$). Este valor desciende gradualmente hasta diciembre, mes en que se presenta el valor mínimo de $256,8 \text{ W/m}^2$ (reportado como $530 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$) (IDEAM, 2005)

En Bogotá se llevó a cabo un estudio en el 2004-2005 para determinar la radiación solar promedio sin considerar la nubosidad (Forero et al., 2007). Los resultados obtenidos en dicho estudio evidenciaron que los meses cuando hay más radiación solar en promedio son enero y febrero ($335,6 \text{ W/m}^2$), mientras que en los meses de abril y mayo es cuando la radiación solar es menor ($297,7 \text{ W/m}^2$).

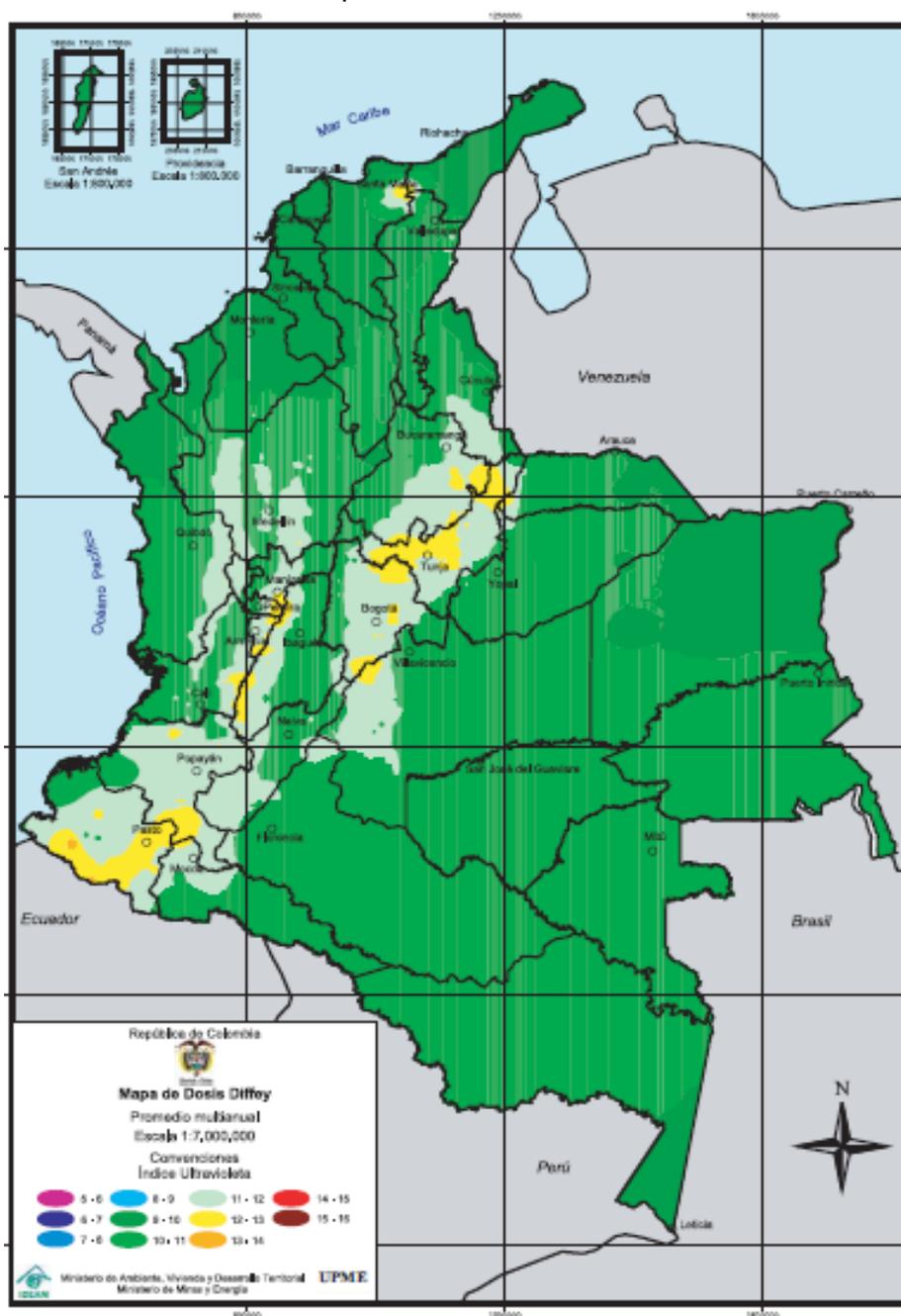
Se estima que por cada 1.000 m de aumento en la altitud, la intensidad de la RUV se incrementa en promedio 5,6% (Rivas et al., 2004). Solórzano y colaboradores (2000) determinaron que prácticamente toda la población del país está anualmente expuesta a valores extremos de RUV, por lo que sería recomendable utilizar siempre protección con prendas de vestir adecuadas, sombrero de ala ancha, uso de protector solar, aprovechamiento de la sombra o evitar salidas al aire libre alrededor del mediodía (10:00AM – 3:00 PM). En un estudio llevado a cabo en 2 comunidades Antioqueñas (Medellín en 2000 y El Retiro en 2003), se evidenció que al menos en algunos días del año sus valores de IUV oscilan entre “muy altos” y “extremadamente altos” para Medellín y El Retiro respectivamente (Sanclemente y Hernández, 2010). Dada la estabilidad climatológica del país, estos resultados son indicadores de la alta exposición a RUV de la población colombiana y los potenciales riesgos a la salud que conlleva.

Figura 6.2. Mapa de radiación ultravioleta en Colombia.



Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Atlas de radiación solar de Colombia. Producto de Información: Bogotá DC: IDEAM;2005.

Figura 6.3. Mapa del Índice UV multianual promedio de Colombia.



Fuente: [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Atlas de radiación solar de Colombia. Producto de Información: Bogotá DC: IDEAM;2005.

6.5. Estudios sobre efectos en la salud

El estudio de los efectos en la salud por la exposición a radiaciones no ionizantes tiene dos polos opuestos; por un lado hay suficiente evidencia de efectos por exposición crónica a la

luz solar, tanto en la piel (neoplasias) o sobre estructuras intraoculares. Esto contrasta con los otros efectos donde hay mayor discusión entre la comunidad científica.

Recientes hipótesis sustentadas en evidencias empíricas poblacionales sugieren que la electricidad está asociada con la ocurrencia de enfermedad cardiovascular, cáncer, diabetes mellitus y suicidio (Milham, 2010).

6.5.1. Efectos térmicos de las REM-NI

Ante la falta de resultados contundentes, no es de extrañar que se generen temores sobre los riesgos potenciales de la exposición a REM-NI de Rf y frecuencias industriales, muchos de ellos, cabe decir, basados en especulación (Aponte et al., 2003). El tema resulta complejo no sólo por las limitaciones éticas de utilizar al ser humano como experimento, sino que las disciplinas científicas que intervienen en su estudio tienen evidentemente diferentes niveles de desarrollo, añadiendo información sesgada con frecuencia manipulada por los medios informativos (Torres, 2005). Esto sin dejar de admitir que existen intereses a favor y en contra del uso de tecnología que genera REM-NI.

Cuando un ser vivo se expone a un CEM, se produce una interacción entre la potencia del campo, la corriente eléctrica inducida y las cargas del tejido corporal. Los CEM inducen la formación de momentos de fuerza sobre las moléculas que pueden ocasionar el desplazamiento de iones situados en posiciones sin perturbación, vibraciones en cargas unidas y la rotación de moléculas bipolares. El efecto biológico deriva en una lesión si y sólo si son superadas las propiedades de compensación del organismo o la adaptación a los cambios impuestos por el estímulo físico (Torres y Alzate, 2006).

Los efectos biológicos de la REM-NI pueden dividirse en 3 partes: i) efectos ópticos de la radiación, donde puede darse la excitación del electrón (luz visible, IR y UV cercano); ii) longitudes de onda más pequeñas que el cuerpo humano que provocan calentamiento por corrientes inducidas (mW y VHF) y iii) por campos estáticos, donde la longitud de onda es mucho mayor que el cuerpo humano (Torres, 2005).

De existir un efecto por exposición crónica a CEM, es más probable que sea el CM antes que el CE el responsable, ya que la piel evita la penetración de gran parte de este último, más no del CM. Además, los CE son fácilmente atenuables mediante el aislamiento físico de las personas expuestas, a diferencia de los CM cuyo efecto no se minimiza con esas mismas estrategias (Amórtegui, 2007).

Es por eso necesario establecer ciertos límites umbrales por debajo de los cuales se espera que no exista ningún efecto adverso en los seres humanos. La dosimetría resulta entonces crucial para determinar si ciertas personas o poblaciones están expuestas a niveles de alto riesgo. En realidad no se sabe con certeza si es el nivel medio de exposición diario, o si sólo son importantes las exposiciones que son superiores a un cierto valor umbral o sí, por el

contrario, lo que hay que tener en cuenta es el número de veces que se entra y se sale de un CEM dado para determinar el riesgo de exposición (Torres y Alzate, 2006).

En exposiciones agudas, la mayoría de las recomendaciones coinciden en establecer niveles aproximadamente iguales para la banda del espectro EM comprendida entre 100 MHz y 10 GHz, la cual corresponde a la banda de resonancia del cuerpo humano, es decir, donde ocurre la mayor absorción de energía. En esta región, la banda del espectro EM de mayor peligro se observa entre los 30 MHz y los 300 MHz, donde en promedio todo cuerpo humano está en resonancia. A frecuencias más altas, el parámetro de referencia es la densidad de potencia (W/m^2), porque en este caso la absorción de energía es superficial (CRT, 2002). En términos de densidad de corriente al contacto con material conductor, los efectos en los nervios y estimulación muscular se observan a densidades de $1 A/m^2$. A niveles más altos (del orden de $3 A/m^2$) se dan contracciones involuntarias de los músculos y la posibilidad de fibrilación cardíaca.

Se sabe que el principal mecanismo por medio del cual la radiación en Rf y las mW producen un efecto biológico es por calentamiento, al igual que la radiación infrarroja (RIR). Este efecto térmico puede matar células en número suficiente para ser observadas a nivel tisular como quemaduras, o bien alterar de manera permanente el funcionamiento de tejidos y órganos. La exposición a una intensidad de campo muy elevada se produce en sólo ciertas actividades industriales (v.g. los calentadores Rf), aunque de forma directa otras industrias emplean en sus procesos temperaturas muy altas como en la industria siderúrgica y en la fabricación del vidrio, que a su vez emiten RIR. También se tiene documentado que exposiciones crónicas a RUV pueden provocar eritema, edema, hipertermia y quemaduras, hiperplasia, inmunosupresión, fotoenvejecimiento y melanogénesis, todas ellas directa o indirectamente relacionadas con posible desarrollo de cáncer en la piel (González et al., 2009).

De otro lado, los efectos en la salud por exposición crónica aun no son concluyentes, pero la normatividad colombiana se guía bajo el principio precautorio establecido en el numeral 6 del Art. 1 de la Ley 99 de 1993, que a la letra dice: “cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no podrá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente”.

De acuerdo al portal de “Información sobre los Efectos de Campos Electromagnéticos” (EMF por sus siglas en inglés), había a principios de 2012 más de 1.800 publicaciones relacionadas con estudios sobre exposición a CEM y Rf y sus potenciales efectos en la salud a nivel mundial. La Organización Mundial de la Salud tiene clasificado a los CM como posiblemente carcinogénicos para los humanos (Grupo 2B según la IARC, Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer por sus siglas en inglés), una categoría empleada cuando una asociación causal es potencialmente creíble, pero hay ausencia importante de evidencia consistente, por lo que no pueden clasificarse ni como cancerígenos ni como probables cancerígenos (Díaz, 2008).

En virtud de esta preocupación, nacida desde que en 1979 un estudio llevado a cabo en los EE.UU. encontró asociaciones significativas entre la exposición a CM con densidades de flujo de 0,3 μ T y leucemia infantil, se han venido realizando estudios en Colombia para medir exposiciones a CEM, sin encontrar evidencia hasta el momento, de que la población se encuentre en riesgo alto de desarrollar leucemia (Aponte et al., 2003).

En un trabajo de tesis de la Universidad Pontificia Javeriana, se realizó la revisión documental de 10 artículos internacionales donde se detectaron efectos en la salud relacionados con el desarrollo de leucemia, alteraciones del semen y cambios neuroconductuales (Troya y Zabala, 2007). El estudio utilizó datos obtenidos con exposiciones a antenas de telecomunicaciones y líneas eléctricas de alta tensión, sin considerar la posible exposición a la radiación generada por equipos que utilizan incluso mayores frecuencias, como son láseres biomédicos, lámparas halógenas, lámparas infrarrojas de hospitales, lámparas fluorescentes, soldadura y corte, etcétera. A pesar de no tener datos concluyentes, la distribución de casos de muerte por leucemias en los departamentos del país muestra que el mayor número tiende a presentarse en los lugares de mayor urbanización, tal cual muestran los registros del DANE (2011)(tabla 6.11).

Tabla 6.11. Casos de muerte por leucemias en Colombia durante 2009 y 2010.

| Departamento | 2009 | | | 2010 | | |
|--------------------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|
| | Total | Hombres | Mujeres | Total | Hombres | Mujeres |
| Bogotá | 394 | 199 | 195 | 299 | 170 | 129 |
| Antioquia | 214 | 120 | 94 | 197 | 104 | 93 |
| Valle del Cauca | 200 | 115 | 85 | 206 | 93 | 113 |
| Atlántico | 123 | 56 | 67 | 94 | 60 | 34 |
| Santander | 86 | 48 | 38 | 85 | 47 | 38 |
| Bolívar | 54 | 31 | 23 | 51 | 25 | 26 |
| Nariño | 50 | 26 | 24 | 52 | 29 | 23 |
| Córdoba | 49 | 23 | 26 | 52 | 30 | 22 |
| Huila | 45 | 23 | 22 | 44 | 28 | 16 |
| Norte de Santander | 45 | 27 | 18 | 38 | 15 | 23 |
| Tolima | 39 | 20 | 19 | 63 | 29 | 34 |
| Cundinamarca | 38 | 21 | 17 | 99 | 53 | 46 |
| Quindío | 36 | 23 | 13 | 33 | 15 | 18 |
| Risaralda | 36 | 18 | 18 | 38 | 21 | 17 |
| Magdalena | 32 | 13 | 19 | 17 | 9 | 8 |
| Caldas | 29 | 17 | 12 | 60 | 30 | 30 |
| Cesar | 26 | 9 | 17 | 28 | 14 | 14 |
| Cauca | 25 | 14 | 11 | 40 | 23 | 17 |
| Sucre | 25 | 10 | 15 | 29 | 12 | 17 |
| Meta | 24 | 13 | 11 | 37 | 20 | 17 |

| | | | | | | |
|--------------------------|----|----|---|----|----|----|
| Boyacá | 21 | 15 | 6 | 48 | 31 | 17 |
| Caquetá | 6 | 3 | 3 | 14 | 7 | 7 |
| La Guajira | 5 | 4 | 1 | 9 | 7 | 2 |
| Chocó | 3 | 1 | 2 | 5 | 0 | 5 |
| Arauca | 3 | 3 | 0 | 7 | 3 | 4 |
| Casanare | 3 | 0 | 3 | 6 | 3 | 3 |
| Putumayo | 3 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| San Andrés y Providencia | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Guainía | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Guaviare | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vichada | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Amazonas | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| Vaupés | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 |

Fuente: Adaptación del autor.

*Datos tomados de la información proporcionada por el Ministerio de Salud para el presente estudio.

Algo similar se observa con el número de consultas por los mismos diagnósticos, según RIPS, tal cual se muestra en la tabla 6.12.

Tabla 6.12. Consultas por leucemias en Colombia durante 2009 y 2010.

| Departamento | Leucemia |
|--------------------|----------|
| Antioquia | 34 |
| Bogotá | 121 |
| Bolívar | 12 |
| Boyacá | 3 |
| Caldas | 10 |
| Caquetá | 1 |
| Cauca | 1 |
| Cesar | 4 |
| Cundinamarca | 66 |
| Choco | 1 |
| Huila | 2 |
| La Guajira | 6 |
| Magdalena | 24 |
| Meta | 3 |
| Nariño | 53 |
| Norte de Santander | 15 |
| Quindío | 3 |
| Risaralda | 35 |
| Santander | 46 |

| | |
|-----------------|----|
| Sucre | 8 |
| Tolima | 35 |
| Valle del Cauca | 69 |
| Vaupés | 5 |
| Atlántico | 24 |
| Córdoba | 5 |
| Arauca | 5 |
| Amazonas | 0 |

Fuente: Adaptación del autor.

*Datos tomados de la información proporcionada por el Ministerio de Salud para el presente estudio.

6.5.2 Efectos de la RUV en la piel y en los ojos

Daño ocular. De los órganos del cuerpo humano mayormente expuestos a RUV son los ojos. La mayor parte de la RUV que recibe el ojo es absorbida por la córnea, la esclerótica y la conjuntiva, sólo las de mayor longitud de onda (UVB y UVA) son capaces de penetrar a la cámara anterior y al cristalino.

Los tejidos que más se alteran son los que tienen un mayor porcentaje de agua (v.g. globo ocular) y si existe poca o nula circulación sanguínea, el daño puede ser mayor, puesto que la pérdida de calor es más lenta. Los mecanismos normales de protección ocular (tales como los párpados, pestañas y el iris) resultan insuficientes contra la RUV de mayor energía, ya que se activan cuando la radiación incidente es excesiva, pero sólo en la banda visible del espectro (Pérez Mogollón & Bohórquez-Ballén, 2007).

En un estudio de 249 casos realizado en el servicio de oftalmología del Hospital Universidad del Valle “Evaristo García” de Cali, con pacientes diagnosticados con quemadura ocular en 2005 y 2006, se determinó que el 6.8% correspondían a lesiones por exposición a RUV, secundarios a accidentes laborales (Ocampo et al, 2008), este último resultado contrasta con los observados para quemaduras oculares por sustancias químicas, las cuales ocurren principalmente como consecuencia de accidentes en casa.

La exposición ocupacional que puede provocar quemaduras se debe al uso de maquinaria industrial que emite RUV (de los 3 tipos), y no necesariamente es atribuible a la luz solar cuando se realiza el trabajo a cielo abierto. En las actividades agrícolas o de construcción donde la exposición solar es frecuente, de hecho es parte de los riesgos laborales de la población ocupacional, el daño ocular podría ser causado por radiación UVA por su capacidad de llegar a la retina. Sin embargo, en un estudio realizado con trabajadores de la floricultura del Departamento de Cundinamarca, no se pudo evidenciar que la exposición a RUV natural ocasionara discromatopsia (Amado Zárate et al., 1997).

Otras lesiones oculares son atribuidas a la exposición prolongada de RUV solar, como la generación de opacidades en el cristalino, es decir, cataratas que obstaculizan la capacidad visual hasta llegar a la ceguera cuando no es atendida a tiempo. Si bien no hay estudios disponibles que dimensionen la ocurrencia de cataratas en el país, sí hay encuestas recientes en países de América Latina que pueden servir como aproximación.

En un estudio participaron 30.544 personas mayores de 50 años de edad, procedentes de Argentina, Brasil, Cuba, Chile, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela (Limburg et al, 2009). Los resultados indicaron una amplia variabilidad en la prevalencia de cataratas, en ocho de los nueve países fue la principal causa de ceguera y se observó mayor prevalencia entre las mujeres. El hecho de que Venezuela haya sido uno de los 2 países cuya muestra tuvo representatividad nacional, sugiere que la prevalencia global estimada de ceguera de 1,9 (IC95% = 1.4-2.3) podría ser parecida al valor esperado promedio en Colombia, dada la similitud con la realidad contextual entre ambos países.

Otra encuesta realizada en 50 países, incluida Colombia, muestra que aunque hay un relativo alto número de oftalmólogos en el país realizando cirugías de cataratas, la tendencia global es que se llega al tratamiento quirúrgico cuando la agudeza visual está bastante afectada (Shah et al, 2011). Este tipo de desigualdades ya había sido descrita con datos del estudio mundial de carga de la enfermedad (Ono et al, 2010).

De otro lado, también es posible que las exposiciones frecuentes a RUV causen la fotosensibilización de la conjuntiva, provocando reacciones alérgicas que inflaman el tejido ocular dando origen a la conjuntivitis actínica. En un estudio realizado en el Departamento de Cundinamarca, se seleccionaron 3 comunidades (incluyendo a Bogotá) en las que se monitoreó a lo largo de un año la prevalencia de conjuntivitis actínica y la dosis de RUV (en J/m²). Los resultados obtenidos, indican que la prevalencia de conjuntivitis actínica aumenta conforme lo hace la altitud del sitio (Pérez Mogollón & Bohórquez-Ballén, 2007).

Cáncer de piel. El cáncer de piel del tipo no melanocítico es el más común de los carcinomas dermatológicos que padecen las personas de piel blanca en el mundo (Armstrong & Kricger, 1995). Este tipo se subdivide a su vez en carcinoma epidermoide y en carcinoma basocelular, este último de mayor incidencia respecto al primero. El carcinoma basocelular se origina en las células de la capa basal de la epidermis incluyendo a los folículos pilosebáceos. En Colombia se ha observado un incremento constante en la incidencia de carcinoma basocelular desde 2003, el cual, de mantenerse esta tendencia y las condiciones actuales, se estima que podría quintuplicarse para el año 2020, alcanzando preocupantes niveles de 102 casos por cada 100.000 habitantes (Sánchez et al, 2011). Sin embargo, al parecer la baja tasa de mortalidad del cáncer de piel ha sido un obstáculo para llamar la atención de las autoridades sanitarias, a pesar de representar una carga para la salud pública debido a los costos que genera la atención de cada paciente. Los mayores riesgos asociados a padecer carcinoma basocelular son la exposición a RUV y el fototipo de piel de las personas expuestas, aunque en este último es importante manejar un sistema de clasificación apropiado al tipo de población estudiada (Sanclemente et al, 2008).

En un estudio de casos y controles con 406 participantes, Sánchez et al. (2012) identificaron factores de riesgo asociados al carcinoma basocelular en pacientes del Centro Nacional de Dermatología de Colombia, ubicado en la capital del país. Cerca de la mitad de los casos del estudio había desarrollado el carcinoma en nariz y mejilla principalmente. Asimismo, se determinó que los fototipos I al III son los factores de riesgo mayor comparado con los fototipos del IV al VI (es decir, la asociación es mayor cuando la sensibilidad cutánea a la RUV también es mayor). De igual forma, el tener antecedentes familiares de cáncer de piel, antecedentes de queratosis y conjuntivitis actínicas y haber experimentado al menos 10 quemaduras solares en la vida también fueron identificados como factores de riesgo. Otros factores identificados relacionados con los llamados “estilos de vida”, como vivir en el área rural, practicar deporte al aire libre y no utilizar sombrero durante la infancia.

La ubicuidad de estos factores hace pensar que el problema de cáncer de piel puede estar presente en otras partes del país, sobre todo en aquellos lugares con IUUV mayores a los observados en Bogotá; en Medellín también existen registros en el Hospital Universitario San Vicente de Paul que indican que la principal causa de consulta dermatológica es por cáncer de piel (Sanclemente et al, 2008).

De otro lado, el melanoma es un cáncer de piel con una incidencia menor que el carcinoma basal pero con una mortalidad mayor, representando a nivel mundial hasta el 75% de todas las muertes por cáncer cutáneo (Parkin et al, 2005). Aunque se tienen registros de que la incidencia de melanoma es ligeramente mayor en mujeres que en hombres, la mortalidad es más alta en estos últimos. De acuerdo al Registro de Cáncer de Cali, la incidencia promedio anual de melanoma aumentó de 1,0 a 3,2 en mujeres durante el periodo de 1966 a 2007, mientras que para el mismo periodo, en hombres el aumento fue de 1,6 a 3,5 (Schmerling et al, 2011). Entre los factores de riesgo de melanoma que se han determinado, algunos son similares a los asociados con carcinoma basocelular (ancestros europeos, piel y ojos claros, cabello rubio o pelirrojo, exposición frecuente a luz solar e historia de varias quemaduras solares), pero además se encuentran la presencia de pecas, nevos melanocíticos e historia familiar de melanoma. En un estudio retrospectivo realizado en el Departamento de Caldas, se encontró que 2/3 de los pacientes con melanoma eran residentes de zonas urbanas, mientras que el tercio restante provenía del área rural (Mesa et al, 2008).

Los registros de mortalidad del DANE permiten tener una panorámica de la presencia de enfermedades reconocidas y potencialmente asociadas con la exposición a radiaciones no ionizantes, tal cual se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 6.13. Casos de muerte por melanoma y otros tumores malignos de la piel en Colombia durante 2009 y 2010.

| Departamento | 2009 | | | 2010 | | |
|--------------------------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|
| | Total | Hombres | Mujeres | Total | Hombres | Mujeres |
| Bogotá | 115 | 62 | 53 | 99 | 51 | 48 |
| Antioquia | 111 | 66 | 45 | 86 | 42 | 44 |
| Valle del Cauca | 74 | 27 | 47 | 80 | 45 | 35 |
| Santander | 34 | 18 | 16 | 47 | 25 | 22 |
| Cundinamarca | 31 | 18 | 13 | 48 | 28 | 20 |
| Atlántico | 26 | 12 | 14 | 26 | 15 | 11 |
| Tolima | 26 | 17 | 9 | 31 | 15 | 16 |
| Norte de Santander | 21 | 12 | 9 | 20 | 7 | 13 |
| Nariño | 20 | 6 | 14 | 18 | 9 | 9 |
| Caldas | 17 | 7 | 10 | 23 | 13 | 10 |
| Cauca | 17 | 9 | 8 | 12 | 4 | 8 |
| Huila | 17 | 12 | 5 | 24 | 13 | 11 |
| Magdalena | 17 | 11 | 6 | 6 | 2 | 4 |
| Risaralda | 16 | 11 | 5 | 16 | 9 | 7 |
| Boyacá | 15 | 6 | 9 | 31 | 14 | 17 |
| Córdoba | 14 | 9 | 5 | 7 | 3 | 4 |
| Bolívar | 10 | 6 | 4 | 19 | 9 | 10 |
| Cesar | 9 | 4 | 5 | 6 | 2 | 4 |
| Quindío | 9 | 8 | 1 | 10 | 8 | 2 |
| Sucre | 6 | 5 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| Meta | 5 | 1 | 4 | 15 | 7 | 8 |
| Putumayo | 5 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Caquetá | 4 | 4 | 0 | 6 | 4 | 2 |
| Arauca | 4 | 1 | 3 | 4 | 3 | 1 |
| La Guajira | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Casanare | 3 | 1 | 2 | 7 | 3 | 4 |
| Guaviare | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Choco | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 3 |
| San Andrés y Providencia | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Amazonas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Guainía | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vaupés | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vichada | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Adaptación del autor.

*Datos tomados de la información proporcionada por el Ministerio de Salud para el presente estudio.

Los RIPS también muestran que las anteriores causas de muerte, junto a las cataratas, melanoma y carcinoma basocelular son motivos de consulta en el sistema de salud colombiano, como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 6.14. Consultas por enfermedades asociadas con la exposición a RUV en Colombia durante 2010 y 2011.

| Departamento | Cataratas | Melanoma | Carcinoma basocelular |
|--------------------|-----------|----------|-----------------------|
| Antioquia | 245 | 18 | 16 |
| Bogotá | 1216 | 50 | 99 |
| Bolívar | 94 | 0 | 2 |
| Boyacá | 5 | 3 | 3 |
| Caldas | 20 | 0 | 1 |
| Caquetá | 8 | 0 | 0 |
| Cauca | 19 | 1 | 0 |
| Cesar | 1 | 0 | 0 |
| Cundinamarca | 32 | 9 | 8 |
| Choco | 0 | 0 | 0 |
| Huila | 26 | 0 | 2 |
| La Guajira | 1 | 0 | 0 |
| Magdalena | 21 | 3 | 2 |
| Meta | 43 | 1 | 3 |
| Nariño | 1 | 2 | 1 |
| Norte de Santander | 7 | 4 | 2 |
| Quindío | 22 | 1 | 2 |
| Risaralda | 41 | 4 | 3 |
| Santander | 142 | 3 | 7 |
| Sucre | 7 | 1 | 0 |
| Tolima | 33 | 2 | 8 |
| Valle del Cauca | 128 | 23 | 42 |
| Vaupés | 0 | 0 | 0 |
| Atlántico | 278 | 0 | 8 |
| Córdoba | 28 | 2 | 3 |
| Arauca | 5 | 0 | 0 |
| Amazonas | 1 | 0 | 0 |

Fuente: Adaptación del autor.

*Datos tomados de la información proporcionada por el Ministerio de Salud para el presente estudio.

Un estudio ecológico con datos de 45 países alrededor del mundo, entre los que no se incluyó Colombia, determinó los tipos de radiaciones ultravioleta que se relacionan más con la mortalidad por melanoma. Los resultados, después de ajustar por el ozono estratosférico, la latitud y la pigmentación de la piel mayoritaria en cada país, mostraron que la mortalidad por melanoma se asocia significativamente con la radiación UVA entre hombres y una tendencia similar no significativa entre mujeres (Garland et al., 2003). Estos hallazgos tienen especial importancia para Colombia dado que el país tiene una exposición similar a la de los países que participaron en el estudio y tuvieron los mayores valores de radiaciones ultravioleta A.

7. CONCLUSIONES

Este primer diagnóstico nacional de salud ambiental representa una valiosa herramienta de información que se constituye en la fuente más completa y resumida de información sobre salud humana y agentes ambientales en agua, aire, residuos sólidos y peligrosos, sustancias tóxicas y radiaciones no ionizantes en Colombia.

El primer hallazgo de este informe es que Colombia presenta un perfil mixto en relación a las exposiciones ambientales. Por un lado existe contaminación nociva para la salud humana originada en actividades plenamente reconocidas; en esta categoría entran el inadecuado manejo de basuras, la contaminación del agua, del aire y actividades como la minería, la industria y la agricultura. Esto se acompaña de las exposiciones propias del país, dada su localización geográfica que tiene en el entorno mundial; es así como la radiación ultravioleta y sus efectos nocivos que tienen presencia "natural" en el perfil epidemiológico nacional.

De acuerdo con Smith y Ezzati (2005) este tipo de perfil donde hay superposición de exposición a contaminantes genera tres posibles tipos de interacciones. La primera corresponde a la aparición de nuevos riesgos, como es el caso de sustancias tóxicas presentes en basureros de desechos sólidos (Majumdar y Srivastava, 2012); esta mezcla de contaminantes puede tener efectos sobre la salud muy diferentes a la simple sumatoria de efectos de cada agente contaminante. Una segunda interacción es la transferencia de riesgos, donde los intentos de controlar un agente conllevan a generar exposiciones a nuevos agentes. El ejemplo más común es el uso de plaguicidas contaminantes para controlar enfermedades transmitidas por vectores, donde se cambia de un perfil infeccioso a un perfil con intoxicaciones agudas y efectos adversos de aparición tardía. La última forma de interacción es el sinergismo de riesgos, en la que la exposición a un agente incrementa la susceptibilidad ante otro contaminante; esto se presenta en situaciones en las comunidades habitan con pobres condiciones sanitarias y exponerse a sustancias químicas (Nweke y Sanders, 2009), lo cual parece ser frecuente en Colombia. Si bien, en este informe se pudieron evidenciar algunas de estas interacciones, es un tema que amerita un estudio más detallado y está fuera del alcance de este informe.

7.1. Perfiles regionales de salud ambiental

Pese a las limitaciones de este informe, fue posible identificar unos perfiles generales de contaminación ambiental y efectos sobre la salud, que conllevan inherente subjetividad dado que no hay suficiente evidencia disponible. Un resumen esquemático se encuentra en la siguiente tabla, donde el color verde representa que es mínima la problemática y rojo, donde es de un nivel muy alto (por exposición muy alta o muy alto riesgo de efectos); en un nivel intermedio y decreciente entre los dos polos anteriores se encuentran el color naranja y amarillo, que sirven para representar exposición o riesgo alto y exposición o riesgo intermedio, respectivamente.

Tabla 7.1. Perfiles de salud ambiental en las diversas regiones del país.

| Región | Desechos sólidos y peligrosos | Agua contaminada | Aire contaminado | Sustancias tóxicas | Radiaciones no ionizantes |
|--------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|--------------------|---------------------------|
| Atlántica | Red | Red | Red | Red | Yellow |
| Oriental | Red | Yellow | Yellow | Red | Yellow |
| Central | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Yellow |
| Pacífica (sin Valle) | Red | Red | Yellow | Red | Yellow |
| Bogotá | Red | Yellow | Red | Red | Red |
| Antioquia | Yellow | Yellow | Red | Red | Red |
| Valle del Cauca | Red | Yellow | Red | Red | Red |
| San Andrés y Providencia | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow |
| Orinoquía y Amazonía | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Yellow |

Nota: Fuente: El autor

Como se puede apreciar, ninguna región del país puede considerarse libre de los efectos adversos del ambiente evaluados en este informe. El análisis sugiere que la región Atlántica, Bogotá, Antioquia y el Valle del Cauca son lugares que concentran la exposición a agentes ambientales de mayor número de individuos, con efectos nocivos para la salud. De manera contraria San Andrés y Providencia, la Orinoquía y la Amazonia son los que menos problemas de salud ambiental tienen, aunque esto no quiere decir que no existan dentro de estas regiones zonas puntuales contaminadas que requieren análisis individualizados.

7.2. Morbilidad y mortalidad asociada a factores ambientales

Los perfiles generales arriba esbozados no necesariamente se pueden correlacionar con los perfiles epidemiológicos, expresados en términos de morbilidad y mortalidad. Esto es consecuencia de la multicausalidad inherente a las enfermedades, y que la importancia de las enfermedades ambientales no radica en su alta ocurrencia, sino en su potencial prevención mediante acciones en el ambiente (uso de tecnología y otras acciones y políticas de salud pública), y no sobre cambios conductuales de los individuos (Prüss y Corvalán, 2006).

Sin embargo, dado que los desechos sólidos y la contaminación hídrica se asocian con enfermedades infecciosas, es posible tener algunas aproximaciones parciales. Por ejemplo, un estudio reciente clasifica el perfil epidemiológico de la morbilidad nacional en enfermedades transmisibles y no transmisibles en los últimos años (Bernal et al., 2012). Los resultados muestran que hay una tendencia global a disminuir las enfermedades transmisibles, aunque en los departamentos de Putumayo, Nariño, Bolívar, Norte de Santander, Atlántico, Meta y Valle del Cauca presentan tendencias contrarias. Esto resulta acorde con los perfiles expresados previamente. A continuación se puede ver esto con datos de mortalidad nacionales (tabla 7.2).

Tabla 7.2. Mortalidad en Colombia por enfermedades asociadas con agentes ambientales (2010).

| Enfermedades | Casos | | % del total nacional | | |
|---|--------|---------|----------------------|---------|---------|
| | Total | Hombres | Total | Hombres | Mujeres |
| Isquémicas del corazón | 29.394 | 16.285 | 14,66 | 14,25 | 15,20 |
| Cerebrovasculares | 13.661 | 6.227 | 6,81 | 5,45 | 8,62 |
| Crónicas de las vías respiratorias inferiores | 11.226 | 5.967 | 5,60 | 5,22 | 6,10 |
| Neumonía | 6.475 | 3.334 | 3,23 | 2,92 | 3,64 |
| Tumor maligno de tráquea, bronquios o pulmón | 3.994 | 2.375 | 1,99 | 2,08 | 1,88 |
| Otras del aparato respiratorio | 2.894 | 1.513 | 1,44 | 1,32 | 1,60 |
| Leucemia | 1.678 | 893 | 0,84 | 0,78 | 0,91 |
| Infecciosas intestinales | 716 | 362 | 0,36 | 0,32 | 0,41 |
| Melanoma y otros tumores malignos de la piel | 655 | 339 | 0,33 | 0,30 | 0,37 |
| Pulmonares debidas a agentes externos | 513 | 260 | 0,26 | 0,23 | 0,29 |
| Otros tumores malignos del aparato respiratorio | 145 | 81 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| Por exposición al humo, fuego y llamas | 88 | 59 | 0,04 | 0,05 | 0,03 |
| Intoxicaciones | 135 | 106 | 0,07 | 0,09 | 0,03 |
| Exposición a electricidad, radiaciones, temperaturas y presiones extremas | 243 | 224 | 0,12 | 0,20 | 0,02 |

Fuente: El autor.

Estos datos muestran un perfil similar al presentado en los dos estudios nacionales sobre costos asociados con la contaminación ambiental (Larsen, 2004; Golub y Sánchez,

2012), donde los altos costos son resultado de la alta ocurrencia de muertes por enfermedades cardíacas, cerebrovasculares y del aparato respiratorio; éstas suman conjuntamente cerca a una tercera parte del total nacional. Las otras enfermedades, en comparación, no representan sino una mínima fracción del total nacional.

Los retos que plantea una situación tan disímil, y que se distribuye diferencialmente entre los departamentos y municipios del país, son de una gran envergadura. Esto resulta más complejo ya que toda esta problemática ambiental se encuentra inmersa en una dinámica social compleja caracterizada por un conflicto armado (Fjeldsa et al., 2005) que dificulta la realización de estudios (Varona et al., 2010; Fernández et al., 2012), el acceso de las poblaciones afectadas a servicios de salud y las posibles intervenciones sobre el ambiente que minimicen su impacto negativo sobre la salud humana. Por ello, si bien se requieren directrices generales que guíen las políticas de salud ambiental, es importante que también se consideren las problemáticas específicas de regiones o micro-regiones. Las acciones desde otros sectores podrán tener impactos benéficos importantes; en especial el mejoramiento de las viviendas, con servicios sanitarios básicos adecuados, puede ser una de las acciones que mayor repercusión tendrá en inmediato y largo plazo en el perfil epidemiológico de morbilidad y mortalidad.

7.3. Problemas de calidad de los registros

La experiencia durante la realización de este diagnóstico permitió conocer, en una perspectiva amplia, la disponibilidad de información disponible útil para conocer las condiciones de salud ambiental de la población colombiana. Es así como se consultaron bases de datos de registros oficiales de monitoreo ambiental y efectos en la salud, observando que si bien hay carencia de información, también es cierto que hay algunos registros de calidad que infortunadamente no han sido aprovechados de manera adecuada; esto último es el caso de las ENCV que incorporan algunas variables interesantes, lo cual contrasta con encuestas que tienen por objetivo primario el conocimiento de la salud de los colombianos, tal cual es el caso de la Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS). Dado que se realiza anualmente, éste es un espacio que podría ser utilizado a futuro para monitorear la relación entre salud y ambiente si se incorporan algunas preguntas. Sin embargo, debe promoverse que futuras ENDS indaguen explícitamente sobre los eventos centinela en salud ambiental tipo I más frecuentes (v.gr. intoxicaciones agudas), e incorporen información sobre fuentes de exposición ambiental en el hogar y la comunidad donde residen los participantes (eventos de salud ambiental tipo II).

También es importante mejorar la calidad de los datos de los sistemas de información disponibles. Por ejemplo, en el caso de las redes de monitoreo de la calidad del aire, la experiencia permitió identificar que las instituciones regionales que generan información ambiental tienen bases de datos que no corresponden plenamente a las que compila el ente nacional encargado. Ante esta dificultad, que impidió tener una aproximación autónoma del equipo consultor al análisis de la contaminación atmosférica en el país, se sugiere reforzar el SISAIRE (Sistema de Información Sobre Calidad del Aire) mediante la consulta a los entes

territoriales que tienen buenas experiencias en el manejo de datos. La flexibilidad y adaptación del ente nacional a los formatos manejados regionalmente es importante en este proceso de mejoría. Todo esto confluye para que el análisis de los registros disponibles haya sido mínimo, lo que conlleva a que el conocimiento sea superficial. Ante esto se recomienda que las instituciones que colectan esta información hagan alianzas estratégicas con centros de investigación que apoyen su análisis y difusión del conocimiento. Esto puede ser acompañado con indicadores simples que brinden información más oportuna y no requieran de análisis complejos realizados por especialistas; este debería ser uno de los retos del sistema de información en salud ambiental.

Un vacío importante de información surgió al evidenciar que el INVIMA (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos) indicó no tener registros de contaminantes presentes en alimentos, cosméticos y productos de aseo doméstico. Es posible que esto se presente debido a los altos costos requeridos para tener laboratorios con esta capacidad analítica, que si bien han ido en aumento en el país, aún son pocos los que pueden hacerlo. Si bien hay una limitada información en los estudios realizados por investigadores en diversas regiones del país, resulta prioritario contar con una fuente gubernamental confiable sobre esta temática, ya que los objetivos de las investigaciones no necesariamente siguen los lineamientos propios de la vigilancia de las sustancias a las que se puede exponer la población colombiana.

7.4. Sub-registro de enfermedades de origen ambiental

Los análisis de registros de consultas y mortalidad pusieron en evidencia la presencia de enfermedades de origen ambiental. Dado que existe un sub-registro, del cual algunas evidencias fueron identificadas para este informe, y la calidad de la información no consideramos apropiado calcular medidas de ocurrencia poblacional que podrían llevar a interpretaciones inapropiadas. Sin embargo, el hecho de permitir su identificación dentro del panorama epidemiológico nacional resulta ser un primer paso en el reconocimiento de su importancia. Esto contrasta con el último informe de costos asociados a problemas de salud ambiental, *Environmental health in Colombia. An economic assessment of health effects* (Golub E y Sánchez G, 2012) que sólo incluyó la contaminación atmosférica, intra y extramuros, y los problemas relacionados con el consumo de agua no potable y la inadecuada sanidad e higiene (Golub y Sánchez, 2012), asumiendo supuestos para la atribución causal del ambiente.

Respecto a los eventos centinela tipo I, o que más fácilmente se pueden relacionar causalmente con un agente ambiental, resaltan las intoxicaciones con plaguicidas y los eventos relacionados con el asbesto. En el primer caso es notoria la frecuencia de eventos registrados en el SIVIGILA, con una tendencia creciente; esto parece sugerir que el sistema está mejorando el cubrimiento nacional, pero que aún no se tiene una dimensión real de la problemática. A pesar de este sub-registro es prioritario actuar sobre este evento dada su morbilidad y mortalidad asociada. En relación con el asbesto, si bien no son muy numerosos los casos este tema es una clara evidencia de la problemática de la salud ambiental en el país; el asbesto es

un agente cancerígeno plenamente comprobado, por lo que organismos multinacionales han insistido en su prohibición total. Sin embargo, Colombia al tener una mina activa y presencia en talleres automotrices muestra la necesidad de reforzar los mecanismos legales para su control. La no prohibición pone al país en el mismo nivel que países con legislaciones ambientales mucho menos robustas.

Con relación a las otras enfermedades, dado su carácter multicausal, no fue posible en esta aproximación tener una estimación de su fracción atribuible al ambiente. Para este informe se asumió que tenían relación, o estaban participando en la red causal, con fundamento mayoritario en conocimiento científico internacional. Esto nuevamente contrasta con los dos estudios previos que han intentado aproximarse a los costos asociados con la contaminación ambiental partiendo de datos internacionales y múltiples supuestos (Larsen, 2004; Golub y Sánchez, 2012) de no claro cumplimiento en Colombia. Si bien ese tipo de supuestos pueden ser válidos desde una perspectiva exploratoria que permita acciones políticas, desde el punto de vista de la salud ambiental pueden mejorarse los datos para tener estimaciones más precisas. Por ejemplo, es bien conocido que los efectos de la contaminación atmosférica extramuros son variables dependiendo de la edad de los individuos (Bentayeb et al., 2012), la composición de las partículas, la susceptibilidad de los individuos expuestos (Anderson et al, 2012), entre otros.

Adicionalmente, si bien no eran objeto de este informe, es importante señalar que para conocer la real ocurrencia de enfermedades y muertes por agentes ambientales resulta importante incorporar otros determinantes. Al respecto se considera fundamental conocer los efectos de las radiaciones ionizantes, el cambio climático, la biodiversidad y trastornos psicológicos de origen ambiental. Estos dos últimos van en consonancia con aproximaciones modernas del concepto de salud, que sobrepasan la no enfermedad e incorporan la capacidad de adaptación y el auto-manejo (Huber et al., 2011), aunque son limitados al incorporar su determinación social, tal cual ha sido evidenciado en múltiples estudios y establecido en el informe de la comisión sobre determinantes sociales de la salud de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2008).

7.5. Recursos humanos en salud ambiental

Un factor subyacente a los problemas previamente descritos es el relacionado con los recursos humanos capacitados en salud ambiental. Si bien existen carreras técnicas y profesionales que de una u otra manera se relacionan con la salud o el ambiente, no hay evidencias claras de las competencias en salud ambiental. Actualmente en el país sólo existe un programa de maestría en salud ocupacional y ambiental, del cual no hay graduados aún, y un programa de especialización. Esto permite afirmar que los estudios en salud ambiental están siendo realizados por profesionales con evidente interés en el tema, cuya formación de posgrado suele ser en alguna área de la salud pública, toxicología, ciencias ambientales o biológicas, principalmente.

Es importante que las instituciones donde se ofertan programas de salud incorporen decididamente el tema de salud ambiental dentro de sus currículos académicos. Especial énfasis debería hacerse en profesiones con enfoque preventivo, como son enfermería, nutrición y las ingenierías, entre otras, mientras se enseña el diagnóstico adecuado a profesionales de la medicina, odontología, enfermería, psicología, de las enfermedades y alteraciones de origen ambiental. Algo similar debería ocurrir en los programas de ingeniería, ciencias básicas o biológicas donde el ambiente y su relación con el bienestar humano resulta ser uno de sus objetivos.

7.6. Algunas recomendaciones

En relación con los residuos sólidos y peligrosos, si bien es cierto que Colombia muestra significativos avances en la gestión de los residuos sólidos convencionales y peligrosos con respecto a otros países del continente, los estudios realizados por la SSPD y el DANE evidencian todavía las opciones de mejora respecto de la disposición final de los residuos sólidos en áreas rurales y municipios, en donde todavía se encuentran problemas por disposición inapropiada de residuos sólidos y falta de cobertura de los servicios de saneamiento básico. La inapropiada disposición de residuos sólidos afecta de manera directa o indirecta la calidad del recursos hídrico, litosférico y atmosférico, con relaciones sinérgicas para el deterioro del medio ambiente y por ende la salud de las comunidades.

Si bien se sabe que el país tiene importantes diferencias en el manejo de los residuos sólidos y peligrosos entre las zonas urbanas y las rurales, la evidencia disponible ha enfatizado su estudio en ambientes urbanos. Los estudios que se han realizado se focalizan en tres ciudades del país, Bogotá, Medellín y Cali, creando una incertidumbre en lo que puede estar aconteciendo con esta temática en las demás regiones del país. Lo que si queda más claro es que dado que esta fuente de contaminación se relaciona fuertemente con los hogares (Smith y Ezzati, 2005), los menores de 5 años de edad y las mujeres son los grupos más vulnerables a sus efectos. A estas características debe sumarse el nivel socioeconómico, pues fue evidente que los estratos socioeconómicos más bajos son los que viven cerca y/o tienen actividades laborales directamente con los residuos sólidos y peligrosos.

Respecto a la contaminación del aire, los estudios llevados a cabo en diferentes distritos y ciudades del país sugieren que los principales contaminantes atmosféricos que tienen mayor importancia son el material particulado (PST, PM_{10} y $PM_{2.5}$) y el ozono. Estos han sido objeto de medición y modelación con el fin de establecer su comportamiento tanto diario como anual. Si bien las concentraciones diarias de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en pocas ocasiones exceden el valor norma establecido en la Resolución 610 de 2010 (MAVT, 2010), estos valores al ser comparados con las guías de la Organización Mundial de la Salud superarían los valores límite más frecuentemente. Este problema resulta más evidente ya que las concentraciones de estos mismos contaminantes superan la norma anual. Por ello es recomendable que Colombia adopte los valores internacionales.

Es indispensable que los sistemas de vigilancia de calidad del aire existentes en el territorio nacional integren dentro de sus equipos la medición de $PM_{2.5}$, ya que sus efectos en salud son mayores y las fuentes de emisión, representadas en el creciente parque automotor, producirán mayores concentraciones del mismo, razón por la cual deben vigilarse sus valores en el aire ambiente. Algo similar ocurre con el ozono, pues pocas estaciones tienen la capacidad de medirlo pese a que el parque automotor que utiliza gasolina y gas natural sigue en aumento.

Aunque no en todos los lugares se observan excedencias de la norma horaria u octohoraria de monóxido de carbono, es relevante continuar con su monitoreo, ya que sus efectos agudos son de mayor trascendencia comparado con otros contaminantes del aire. Es importante resaltar que el monóxido de carbono, como contaminante interno del aire, tiene una mayor trascendencia por el uso de gasodomésticos, que en muchas ocasiones son adoptados como combustibles que disminuyen la exposición a otros tipos de contaminantes del aire, pero que en este caso sino se cuenta con una buena ventilación de área o recinto, puede acarrear intoxicaciones que llevan rápidamente a la muerte. También debe continuarse el monitoreo de los óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre en todos los sistemas de vigilancia de calidad del aire que así lo ameriten, sin importar que sus concentraciones sean muy bajas.

En aquellos lugares que no se disponga de los equipos para un monitoreo adecuado de los contaminantes, la cuantificación de lluvia ácida permitiría tener una línea base sobre posibles concentraciones del contaminante en el ambiente. Otras opciones son el uso de bioindicadores como líquenes u hongos que son sensibles a los efectos de los contaminantes del aire. La caracterización de los componentes del material particulado resulta ser una tarea promisoría en investigación y monitoreo. La presencia de metales pesados, compuestos aromáticos policíclicos, compuestos orgánicos volátiles, dioxinas y furanos, por ejemplo, permitirán conocer mejor el origen de los contaminantes y los efectos en la salud potencialmente asociados. Sin embargo, hay lugares con problemáticas específicas donde se hace necesario optimizar los recursos y reforzar los sistemas de vigilancia de calidad del aire; por ejemplo en la zona de Cerro Matoso se debe proveer a la autoridad ambiental de equipos para la medición de material particulado y a su vez montar las técnicas necesarias para el análisis de los filtros utilizados en el monitoreo, con el fin de establecer las concentraciones de metales pesados, como por ejemplo el níquel, que es explotado en esta zona del país. Estudios sobre esta temática son de gran importancia ya que en el país hay evidencia suficiente sobre efectos plenamente reconocidos internacionalmente, pero estos casos específicos aún requieren mayor investigación sobre sus efectos en salud.

La calidad del aire intramural está afectada por diferentes prácticas o procesos que se llevan a cabo dentro de la vivienda. Los factores clásicos de exposición tales como el humo de tabaco, el barrido y limpieza de polvo en casa, la humedad, el hacinamiento, el uso de biomasa para la cocción de alimentos y la quema de basura, han sido abordados, sin embargo aún siguen siendo factores importantes en la generación de enfermedades respiratorias. Por lo tanto se deben reforzar las actividades tendientes a mejorar estos aspectos e integrar en ellas las condiciones anexas a la vivienda, tales como el estado de las vías y el tipo de tráfico vehicular

que circula por las mismas, ya que son fuentes de emisiones de contaminantes del aire que se incorporan al ambiente intramural.

Es pertinente mencionar que la contaminación de aire y sus efectos en salud no pueden desligarse de las condiciones socioeconómicas de la población; es evidente que la gran mayoría de los grupos estudiados o que se localizan en zonas con altas concentraciones de contaminantes del aire, también registran condiciones de pobreza, donde una mala alimentación y la ausencia de infraestructura sanitaria interactúan en la ocurrencia de enfermedades respiratorias. Es por ello que para dar solución a esta problemática debe abordarse no solamente el control y vigilancia de las fuentes de emisión, sino que deben articularse con políticas de estado tendientes a mejorar las condiciones de vida de estas poblaciones.

Finalmente la información obtenida en los estudios realizados sobre los impactos en la salud de la contaminación ambiental debería ser tomada en cuenta en las políticas de otros sectores, debe ser una herramienta fundamental para la toma de decisiones en cuanto a políticas públicas y relacionadas con el control de contaminantes atmosféricos; un ejemplo de ello es lo evidenciado en cuanto a que los ciclistas que hacen uso de las ciclorutas, tienen una mayor exposición a las emisiones vehiculares anexas, lo cual se evidencia totalmente en Bogotá. Teniendo en cuenta que dentro de las políticas públicas de movilidad y de calidad de vida, se hace énfasis en el uso de estos corredores, es imperativo que se diseñen teniendo en cuenta estos hallazgos que finalmente se traducen en una menor carga de morbilidad que debe atender el sistema de salud del distrito.

Las sustancias tóxicas merecen especial atención en Colombia y, en gran medida, se asocian con dos actividades principales: la minería y la agricultura. En la minería se genera una gran cantidad de materiales que ocasionan por un lado, contaminación del aire por material particulado y, por otro lado, gran cantidad de sustancias tóxicas. Dada la importancia de la minería de metales preciosos, el mercurio usado para su extracción es el metal que más exposición directa e indirecta genera, tanto que se puede considerar un metal ubicuo en toda la geografía nacional. La exposición vía aérea se presenta cerca a las minas, mientras la exposición por ingesta de agua o alimentos resulta ser generalizada entre la población. El país debería asumir una posición que llegue a prohibir totalmente el uso de asbesto.

El uso de las sustancias tóxicas y sus efectos adversos deben entenderse desde una óptica amplia desde la salud pública. No es un asunto del número de casos, sino un tema de una enfermedad evitable y por lo tanto no debería existir un sólo caso. El asbesto debe ser entendido y considerado como un agente ambiental que debe dejar de ser usado, como lo han recomendado la Organización Mundial de la Salud y otros organismos internacionales. Su uso es evidencia del subdesarrollo del país, ya que un buen número de países con ingresos económicos altos y que en décadas pasadas vieron los efectos nocivos y carcinogénicos del asbesto, han decidido prohibirlo y usar tecnologías más limpias y saludables (Park et al 2012).

La agricultura es la otra actividad altamente relacionada con sustancias tóxicas; en este caso éstas corresponden a la amplia variedad de plaguicidas usados para combatir, insectos, hongos, hierbas u otras plagas. Dos facetas importantes deben incluirse para comprender la problemática de salud ambiental asociada con los plaguicidas; primero hay plaguicidas de alta toxicidad aguda que están ocasionando un elevado número de intoxicaciones y muertes evitables. Segundo, existe un amplio uso de plaguicidas prohibidos, principalmente organoclorados, que se siguen usando en las actividades agrícolas. Dado que su comercio es ilegal, es muy probable que haya comercio ilegal desde el exterior, por lo que se debería mejorar su control en zonas fronterizas.

El plomo es un metal que ha sido estudiado, pero que sigue teniendo uso en actividades informales que generan exposición paraocupacional, lo cual puede conllevar a efectos adversos en individuos especialmente susceptibles como los menores de edad. Las otras sustancias tóxicas si bien pueden presentar efectos tóxicos requieren estudios más específicos; en especial se sugiere una evaluación más detallada del arsénico, el cadmio y el cromo.

En relación a las radiaciones no ionizantes, es importante partir de la evidencia internacional que sugiere que el potencial cancerígeno de los CM es muy bajo; inclusive a altos niveles de exposición, aunque la ausencia completa de riesgo no ha podido ser probada. Por ello resulta inapropiado definir de manera racional una “distancia de seguridad” o un “nivel de exposición seguro”. Como medida de seguridad, es importante tener buenas prácticas de ingeniería para el aterrizaje cuidadoso de cercas, tuberías y otros objetos metálicos grandes en un CE intenso, para disminuir el riesgo de descargas accidentales.

Respecto a los efectos a corto plazo de corrientes inducidas mayores a 10 mA en ELF e inducción de calor con aumentos de temperatura superiores a 1° C por Rf o mW, de los cuales existe evidencia científica, no se encontraron estudios específicos realizados en Colombia. Esto es más complejo dada la historia natural de enfermedades como el cáncer, con largos periodos de latencia (incluso mayores a diez años) y dado el relativo poco tiempo que lleva el uso de la telefonía móvil, existe la duda acerca de los efectos a largo plazo. Afortunadamente las estaciones base de la telefonía móvil muestran que usan radiotransmisores de baja potencia para reducir las interferencias con otras instalaciones cercanas. Por ello las pocas mediciones reportan niveles de exposición a las ondas de radio de las estaciones base van desde el 0,002% al 2% de los niveles de exposición de las recomendaciones internacionales, dependiendo de una variedad de factores tales como la proximidad a la antena y las características del entorno. En general se debería propiciar que los operadores eviten el acceso público a zonas donde estén las antenas, colocándolas en los extremos de mástiles o en las azoteas de los edificios. De otro lado, la evidencia de cáncer asociado a las RUV y la alta exposición en casi todo el país requiere que se realicen campañas de prevención en poblaciones rurales y en menores de edad, principalmente, dado que son grupos vulnerables con poco uso de elementos de fotoprotección frente a la RUV. Las evidencias disponibles han mostrado la efectividad de este tipo de acciones (Sanclémente y Díaz, 2009).

Un hallazgo importante de este trabajo diagnóstico, es el señalar que si bien existen estudios de diversas características del ambiente que pueden afectar la salud humana realizados principalmente por ingenieros y químicos, existe un número muy limitado de estudios de salud ambiental, entendidos como aquellos que directamente relacionan las exposiciones a agentes ambientales y los desenlaces en la salud humana. Esto puede ser debido al escaso número de personal especializado en el área y de programas académicos nacionales (solo se tiene conocimiento de una especialidad en salud ambiental, y una maestría en salud ocupacional y ambiental, en dos universidades colombianas). Gran parte de los estudios en salud ambiental es realizada por un limitado número de químicos o médicos, principalmente, con estudios de posgrado en salud pública (generalmente epidemiología o salud ocupacional) o toxicología. Sin embargo, diversas temáticas aún no son de interés para los investigadores colombianos. Esto es algo similar a lo que ocurre en el campo de la salud ocupacional, donde pese a existir muchos programas de posgrado en el área, aún hay insuficiencia en las áreas de higiene y seguridad industrial (Varona et al., 2012). Esto no resulta extraño dado que la salud ocupacional es una sub-especialidad de la salud ambiental.

Una tendencia evidente es que la mayor parte de las investigaciones de mayor nivel se realizan sobre sustancias tóxicas y contaminación atmosférica extra-muros; las que abordan los temas de residuos sólidos o peligrosos, y sobre contaminación del agua no son frecuentes, y más bien se encuentran relacionados con las condiciones de pobreza. Es así que, por ejemplo, la descripción del manejo de desechos suele convertirse en una variable que ayuda a describir las condiciones socioeconómicas. Al respecto, si bien la población económicamente más desfavorecida es la más afectada resulta importante para la salud ambiental hacer mayor claridad sobre este punto porque la forma en que se lleva la investigación puede incluso tener tintes de estigmatización; se recomienda que, en lo posible, se busque identificar si las condiciones ambientales favorecen la pobreza o al revés. Finalmente, la investigación sobre las radiaciones no ionizantes resulta ser la menos desarrollada en el país, pese a la creciente preocupación de la sociedad civil sobre la temática.

La revisión realizada también permitió identificar un importante número de estudios que han aportado al acervo mundial de conocimiento sobre agentes ambientales de los que nos son claros los efectos adversos. Quizá el mejor ejemplo de esto son los estudios sobre plaguicidas, donde los estudios nacionales están en concordancia con lo reportado en otros países. Esto sin duda muestra que en el país es posible tener estudios innovadores de calidad internacional. Sin embargo, es prioritario actuar sobre problemáticas ambientales que afectan la salud humana y ya hay suficiente evidencia científica al respecto. En estos casos la investigación epidemiológica sobre efectos en la salud, si bien es importante, recomendamos la realización de intervenciones que tengan como objetivo disminuir las emisiones de contaminantes (v.gr. intervenciones de higiene ambiental) y acciones comunitarias que conlleven a disminuir la exposición. Tal es el caso del mercurio del cual se conocen efectos adversos, y que si se quiere saber el impacto sobre poblaciones específicas es posible simularlo mediante métodos reconocidos como el de evaluación de riesgos (Hallenbeck, 1993). Esto es importante porque los efectos nocivos en muchas ocasiones tardan tiempo en aparecer y los métodos usados, en

muchos casos no llegan a conclusiones inequívocas y deben ser contextualizadas como parte del acervo científico sobre el tema.

Otro tipo de investigaciones importantes de realizar a futuro son aquellos que exploren la presencia de otros contaminantes aun no plenamente estudiados en Colombia, y los que evalúen el efecto conjunto de varios contaminantes al mismo tiempo. En esta categoría se incluyen los estudios de mezclas de sustancias y los que evalúan los efectos sinérgicos de diversos tipos de contaminantes, dependiendo de condiciones sociales, nutricionales, genéticas, entre otras. Este tipo de estudios serán muy útiles para la realidad nacional, además de que aportarán al conocimiento científico dado que no son muchos los estudios de este tipo disponibles.

En conclusión, este diagnóstico nacional de salud ambiental pone en evidencia la importancia del ambiente físico como determinante de la salud individual y poblacional en Colombia. Las condiciones ambientales del país en conjunto con las problemáticas sociales se entremezclan, convirtiendo al país en un claro ejemplo de cómo el ambiente físico y social se interrelacionan afectando la salud humana (Donohoe, 2003). Colombia requiere más estudios utilizando los sistemas de información disponible y con datos recolectados *ad hoc*, para poder tener un diagnóstico nacional de salud ambiental más completo. En este proceso debería evitarse que quienes contaminen se conviertan en quienes midan y evalúan si los niveles de contaminación generados están por debajo de los límites permisibles; los estudios autónomos realizados por investigadores idóneos resulta una prioridad para poder salvaguardar la salud de los colombianos. Por ello la formación de personal especializado en salud ambiental es urgente para poder cubrir la amplia demanda de las comunidades afectadas.

REFERENCIAS

- [AACAP] American academy for Child and adolescent psychiatry. Lead Exposure in Children Affects Brain and Behavior. Monografía en Internet. Consultado: 10 Diciembre 2012. Recuperado de: http://www.aacap.org/galleries/FactsForFamilies/45_lead_exposure_in_children_affects_brain_and_behavior.pdf
- [ALUNA] Aluna Consultores Ltda, investigación y desarrollo experimental en el campo de las ciencias sociales y las humanidades. Historia del reciclaje y los recicladores en Colombia. Estudio nacional del reciclaje y los recicladores. Bogotá: ALUNA;2001.
- [AMVA] Área Metropolitana del Valle de Aburrá, [UNAL] Universidad Nacional de Colombia. Evaluar los niveles de contaminación del aire en las zonas urbanas del Valle de Aburrá mediante la operación de la Red De Monitoreo de la Calidad del Aire en El Valle de Aburrá (Convenio 538/2004). Informe. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá;2004.
- [AMVA] Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, [UDEA] Universidad de Antioquia. Evaluación de los niveles de contaminación atmosférica en las zonas urbanas del Valle de Aburra. Caracterización y análisis de la contribución de fuentes de material particulado PM_{2.5} en tres (3) zonas del Valle de Aburrá (Convenio 5434 de 2008). Investigación. Medellín;2010.
- [AMVA] Área Metropolitana del Valle de Aburrá; [UPB] Universidad Pontificia Bolivariana. Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en el Valle de Aburrá, con georeferenciación de estas (convenio 323/2005). Medellín: AMVA;2005a.
- [ASOMOVIL] Asociación de la Industria Móvil de Colombia. Informe telefonía móvil de Colombia. Bogotá: ASOMOVIL;2012.
- [ATSDR] Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Resúmenes de Salud pública. Recuperado de: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html; 2008.
- [ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Interaction profile for: benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (BTEX). Retrieved from <http://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/ip-btex/ip05.pdf> ;2004.
- [BIRF] Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Programa de Gestión Urbana, [MINSALUD] Ministerio de Salud de Colombia, [MINAMBIENTE] Ministerio de Ambiente de Colombia, & [OPS] Organización Panamericana de la Salud. Análisis sectorial de residuos sólidos en Colombia. Washington: BIRF, MINSALUD, MINAMBIENTE, 6 OPS;1996.
- [CDMB] Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. Informe 2011 del Sistema de Vigilancia de calidad del aire del Área Metropolitana de Bucaramanga. Informe anual. Bucaramanga: CDMB;2012.

- [CEPAL] Comisión Económica para América Latina. Panorama social de América Latina, 1998. Documento informativo. Santiago de Chile: CEPAL;1999.
- [CNUMAD] Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Programa de acción de las naciones unidas de Rio. Sección II, Capítulo 21, Parágrafo 21.7. Rio de Janeiro: CNUMAD;1997.
- [CORANTIOQUIA] Corporación Autónoma Regional del Centro de Anquioquia, [UPB] Universidad Pontificia Bolivariana. Evaluación de la Calidad del aire en zonas rurales del Valle de Aburrá. Medellín: CORANTIOQUIA/UPB;2005b.
- [CORPOCESAR] Corporación Autónoma Regional del Cesar/ UIS Universidad Industrial de Santander. Informe de operación del sistema especial de vigilancia de calidad de aire en la zona carbonífera del departamento del Cesar, año 2011. Informe Mensual. La Jagua de Ibirico;2012.
- [CRT] Comisión de Regulación de Telecomunicaciones. Proyecto estudio de los límites de la exposición humana a campos electromagnéticos producidos por antenas de telecomunicaciones y análisis de su integración al entorno. Informe Final. Bogotá DC: Pontificia Universidad Javeriana;2002.
- [CVC] Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2009. Tercer informe de avance Convenio 041 de 2008 CVC - ASOHAZMAT, Cali: s.n.
- [DAGMA] Departamento Administrativo de Gestión Medio Ambiente. Informe anual de calidad del aire estaciones: Escuela República de Argentina y Éxito la Flora, periodo Enero – Noviembre 2011. Santiago de Cali: DAGMA;2012.
- [DANE] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas en Colombia. Encuesta Nacional de Calidad de Vida. Encuesta Nacional. Bogotá DC: DANE;2011.
- [EMF-PORTAL] [Information on the Effects of Electromagnetic Fields](http://www.emf-portal.de/). Recuperado de: <http://www.emf-portal.de/>; 2013.
- [EPA] Establecimiento Público Ambiental Cartagena. Diagnóstico de la calidad del aire y diseño del sistema de vigilancia de calidad del aire de la ciudad de Cartagena de Indias DT y C, Departamento de Bolívar. Informe de gestión. Cartagena: EPA;2010.
- [EPA] United States Environmental Protection Agency. Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures. Informe. Washington DC: EPA;2008.
- [EPA] United States Environmental Protection Agency. Salud ambiental infantil. Informe 2006. Washington DC: EPA; 2006.
- [FAO]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Código Internacional de Conducta para el uso de plaguicidas. Publicación. Roma: FAO;1998.
- [FOSCAL] Fundación Oftalmológica de Santander - Clínica Carlos Ardila Lulle. Proyecto de investigación de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de poblaciones sensibles con el propósito de determinar alertas epidemiológicas-ambientales y orientar los planes de mejoramiento de la calidad del aire a mediano y largo plazo en la ciudad de Bucaramanga (Fase II). Convenio especial de cooperación científica y tecnológica No. 033 de 2009 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Investigación. Bucaramanga, Santander:FOSCAL;2010.

- [ICNIRP] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health physics;1998;74:494-522.
- [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. Informe. Bogotá DC: IDEAM; 2011.
- [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Estudio Nacional del Agua 2010. Documento final. Bogotá DC: IDEAM;2010a.
- [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe del estado del medio ambiente y de los recursos naturales renovables. Informe. Bogotá DC: IDEAM;2010b.
- [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Atlas de radiación solar de Colombia. Producto de Información: Bogotá DC: IDEAM; Recuperado de <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/019649/019649.htm>;2005.
- [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007 – 2010. Informe. Bogotá DC: IDEAM;2012a.
- [IDEAM] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007. Informe Actualizado Bogotá DC:2012b.
- [IIRB-AvH] Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Informe sobre el estado de los recursos naturales renovables y del ambiente, componente de biodiversidad, 2010-2011. Bogotá: IIRB-AvH; 2012.
- [INGEOMINAS] Instituto Colombiano de Geología y Minería. Visita a la mina de mercurio La Esperanza, municipio de Aranzazu, departamento de Caldas. Investigación. INGEOMINAS;1960.
- [INGEOMINAS] Instituto Colombiano de Geología y Minería. Mina de mercurio La Esperanza, municipio de Aranzazu, departamento de Caldas. Investigación. Wokittel R. INGEOMINAS;1958.
- [INGEOMINAS] Instituto Colombiano de Geología y Minería. Relación contratos de concesión dirección servicio minero 2009. Recuperado de: <http://www.ingehominas.gov.co/Mineria/Titulos-Mineros.aspx>;2009.
- [INS] Instituto Nacional de Salud. Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia 2007-2011. Bogotá DC: Instituto Nacional de Salud;2012.
- [INS] Instituto Nacional de Salud. SIVIGILA. Recuperado de: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Paginas/sivigila.aspx;2013>
- [INS] Instituto Nacional de Salud. Vigilancia en red de Salmonella spp., Shigella spp. y Vibrio cholerae. Colombia: Instituto Nacional de Salud - Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA);2007.
- [INS] Instituto Nacional del Salud. Plaguicidas, organofosforados, carbamatos en sangre y agua – picc-veo. Programa de evaluación. <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Paginas/plaguicidas-organofosforados-y-carbamatos-en-sangre-y-agua-picc-veo.aspx;2013>

- [MAVDT] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plástico, vidrio, papel y cartón. Informe. Bogotá DC: MAVDT;2008.
- [MAVDT] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política de Prevención y control de la Contaminación del Aire. Documento final. Bogotá DC: MAVDT;2010a.
- [MAVDT] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución número 610 del 24 de marzo de 2010. [En línea]. Colombia. Recuperado de:http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res_0610_240310.pdf ;2010b.
- [MAVT] Ministerio de Ambiente, Vivienda, y Desarrollo Territorial; Ministerio de Minas y Energía. Índices de radiación UV para Colombia;2010.
- [MINMINAS] Ministerio de Minas y Energía/República de Colombia. Boletín estadístico de minas y energía 1990 - 2010. Bogotá: MINMINAS;2011.
- [MINMINAS] Ministerio de Minas y Energía/República de Colombia. Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas. Bogotá: MINMINAS;2005.
- [MINSALUD] Ministerio de Salud y Protección Social. Informe de enfermedad profesional en Colombia años 2001-2002 “Una oportunidad para la prevención”. Informe. Bogotá: MINSALUD;2004.
- [MINSALUD] Ministerio de Salud y Protección Social. Primera Encuesta Nacional de Condiciones de Salud y Trabajo en el Sistema General de Riesgos Profesionales. Informe. Bogotá: MINSALUD;2007.
- [MINTIC] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Radiaciones electromagnéticas, salud pública e instalación de infraestructura de telecomunicaciones. Reporte Técnico. Bogotá: MINTIC;2013.
- [OAS/CICAD] Inter-American Commission for Drug Control of the Organization for American States. The toxicology of chemicals used in the production and refining of cocaine and heroin: A tier-one assessment. Technical report. Washington DC: OAS/CICAD; 2004.
- [OMS] Organización Mundial de la Salud. Estadísticas Sanitarias Mundiales 2012. Ginebra: OMS;2012a.
- [OMS] Organización Mundial de la Salud. Guías para calidad del aire. Ginebra: OMS;2004.
- [OMS] Organización Mundial de la Salud. Hepatitis A. Nota descriptiva. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs328/es/index.html>;2012b.
- [OPS] Organización Panamericana de la Salud. Evaluación de los efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Washington DC: OPS;2005b.
- [OPS] Organización Panamericana de la Salud. Guías de Calidad del Aire Actualización Mundial 2005. Washington DC: OPS;2005a.
- [OPS] Organización Panamericana para la Salud. Indicadores básicos 2011: situación de salud en Colombia. Washington, DC: 2012a.
- [OPS] Organización Panamericana para la Salud. Sobre Tracoma. Recuperado de: http://new.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1478&Itemid=100017;2012b.

- [PNUMA] Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en América Latina y el Caribe del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio. Informe. México: PNUMA;2010.
- [PROFAMILIA] Asociación Probienestar de la Familia Colombiana. Encuesta Nacional de Demografía y Salud. Resultados. Bogotá, DC: PROFAMILIA;2010.
- [SDA] Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá. Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá (2010-2020). Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá DC;2010.
- [SDA] Secretaría Distrital de Ambiente. Informe Anual Calidad del Aire de Bogotá. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá;2012.
- [SIVIGILA] Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública. Estadísticas. Recuperado de <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Estadisticas%20SIVIGILA/Forms/public.aspx> ; 2010.
- [SSPD] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Situación de la disposición final de residuos sólidos. Diagnóstico. Bogotá DC: SSPD;2009.
- [SSPD] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Diagnóstico. Bogotá DC: SSPD;2011.
- [UDEM] Universidad de Medellín, & [UDEA] Universidad de Antioquia. Consultoría para la evaluación de la calidad del aire, intensidad de ruido y sus efectos en la salud en 25 sitios de alto tráfico vehicular de la ciudad de Medellín. Informe 1. contrato nº 470018171 - 470018172 de 2005. Medellín: UDEM/UDEA;2006.
- [ULS] Universidad de la Salle. Caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades colombianas (Contrato 2062394). Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT);2008.
- [UN] United Nations. Sustainable Development in Latin America and the Caribbean: Trends, Progress, and Challenges in Sustainable Consumption and Production, Mining, Transport, Chemicals and Waste Management. Report to the eighteenth Session of the Commission on Sustainable Development of the United Nations. Santiago de Chile: UN;2010.
- [UNAL-MED] Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Evaluar y monitorear la calidad del aire en el Valle de Aburrá: Partículas, gases y meteorología, Abril de 2011 a mayo de 2012. Informe Final. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá;2012a.
- [UNAL-MED] Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Evaluar y monitorear la calidad del aire en el Valle de Aburrá con medidores pasivos (Contrato interadministrativo No. Cd 185 de 2011). Medellín: Subdirección Ambiental, Área Metropolitana del Valle de Aburrá;2012b.
- [UN-HABITAT] United Nations Human Settlements Programme. Solid waste management in the world's cities. Water and sanitation in the world's cities 2010. London: UN HABITAT;2010.
- [UNIANDES] Concentraciones de material particulado respirable suspendido en el aire en inmediaciones de una vía de transporte público colectivo. Investigación. Bogotá DC: UNIANDES;2007.
- [UNIANDES] Universidad de los Andes. Caracterización de la exposición a contaminantes atmosféricos en ambientes intramurales. Contrato de consultoría No. 867 MAVDT. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial;2010.

- [UNIANDES] Universidad de los Andes. Evaluación de la actualización de los estándares de emisión normativos para vehículos de carga. Investigación. Bogotá DC: UNIANDES;2013.
- [UNICEF] United Nations Children's Fund, & [WHO] World Health Organization. Progress on Drinking Water and Sanitation: Special Focus on Sanitation. New York: UNICEF, Geneva: WHO;2008.
- [UNIMAGDALENA] Universidad de Magdalena. Efectos sobre la salud por la contaminación del aire proveniente del sector portuario carbonífero (Drummond, Carbosan y Prodeco de Santa Marta). Convenio No. 85 Ministerio de Ambiente. Investigación. Santa Marta: UNIMAGDALENA;2010.
- [UNISALLE] Universidad de la Salle. Evaluación de la contaminación por material particulado menor a 10 μm a nivel extradomiciliario, intradomiciliario y la exposición personal al mismo contaminante, proyecto piloto en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón. Investigación. Bogotá DC: UNISALLE;2008.
- [UNIVALLE] Universidad del Valle. Evaluación de los efectos sobre la salud debido a la contaminación del aire proveniente del sector industrial de ACOPI – Yumbo. Proyecto piloto en el municipio de Cali. Investigación. Cali: UNIVALLE;2009.
- [UPB] Pontificia Universidad Bolivariana Sede Medellín. Lineamientos Técnicos para el Plan de Descontaminación del Aire en la Región Metropolitana del Valle de Aburrá. Informe. (Convenio 543 de 2008). Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá;2010.
- [UPB] Universidad Pontificia Bolivariana, [GIA] Grupo de investigaciones ambientales. Evaluación de la calidad del aire en la cuenca de la quebrada Altavista. Medellín:GIA;2006.
- [UPB] Universidad Pontificia Bolivariana. Estudio de la formación de contaminantes fotoquímicos mediante la modelización matemática y sus efectos en la salud (Contrato 340 de 2001). Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá;2001.
- [UPB] Universidad Pontificia Bolivariana. Identificación de episodios de Contaminación Atmosférica en el Valle de Aburrá (Contrato 1787 de 2002). Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2002.
- [UPME] Unidad de Planeación Minero Energética. Distritos Mineros: exportaciones e infraestructura de transporte. Informe. Bogotá DC: UPME;2005.
- [UPME] Unidad de Planeación Minero Energética. Noticias del sector. Recuperado de: <http://www1.upme.gov.co/index.php/servicios-de-informacion/noticias-del-sector/510-en-la-mineria-si-somos-potencia-afirmo-ministro-de-minas-y-energia-carlos-rodado.html>; 2010.
- [WHO] World Health Organization. Combating waterborne disease at the household level. Geneva: WHO Press; 2007.
- [WHO] World Health Organization. Commission on Social Determinants of Health. Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health. Geneva: WHO;2008.
- [WHO] World Health Organization. Country profiles of environmental burden of disease.[On line] Retrieved from: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/en/index.html ;2009a.

- [WHO] World Health Organization. Database: outdoor air pollution in cities. [On line] Retrieved from:http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/;2012a.
- [WHO] World Health Organization. Ecosystems and human well-being: Health Synthesis: A report of the Millennium Ecosystem Assessment. Geneva: WHO;2005a.
- [WHO] World Health Organization. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva: WHO Press;2009b.
- [WHO] World Health Organization. Global of Burden Diseases Report. Informe. Geneve: WHO;2002.
- [WHO] World Health Organization. Health and environment in sustainable development: Five years after the earth Summit. Executive Summary. Geneva: WHO;1997.
- [WHO] World Health Organization. World health statistics 2012. Geneva: WHO Press;2012b.
- Abraham N, Caicedo DM, & Mendez F. Sources of indoor airborne Cd and Pb in a cohort of pregnant women in Cali, Colombia. Memorias: 23rd annual conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE);2011b.
- Abrahams N, Filigrana PA, & Méndez F. Source apportionment of air pollution in an urban area influenced by local industries. 23rd Annual Conference of the International Society of Environmental Epidemiology: ISEE; 2011.
- Abrahams N, Lasso A, Filigrana P, et al. PM_{2.5} and Heavy Metals Outdoor Concentrations at a School Near to an Industrial Zone in Cali, Colombia. Epidemiology Abstracts, 21st Annual Conference. Dublin, Ireland: ISEE;2009;20:S69-S70.
- Ackers ML, Quick RE, Drasbek CJ, Hutwagner L, & Tauxe RV. Are there national risk factors for epidemic cholera? The correlation between socioeconomic and demographic indices and cholera incidence in Latin America. International Journal of Epidemiology;1998;27:330-334.
- Acosta de Armas MM, & Montilla JX. Evaluación de la contaminación por cadmio y plomo en agua, suelo, y sedimento y análisis de impactos ambientales en la subcuenca del río Balsillas afluente del río Bogotá [Tesis]. Bogotá: Universidad de La Salle; 2010.
- Acosta JP, & Castañeda KI. Determinación de las posibles relaciones entre trazas de metales pesados (Pb, Ni, Fe, Cr) encontrados en el material particulado PM₁₀ – PM_{2.5} y las especies bacterianas presentes en el aire en las localidades de Tunjuelito, Kennedy y Puente Aranda [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle; 2011.
- Acurio G, Rossin A, Texeira PF, & Zepeda F. Diagnosis of municipal solid waste management in Latin America and the Caribbean Pan. Washington DC: [IDB] Inter-American Development Bank;1998.
- Agudelo C. Guía para la protección específica de la caries y la enfermedad gingival. Bogotá: Ministerio de salud y protección social, [POS] Plan obligatorio de salud; 2005.
- Agudelo S, Gomez L, Coronado X, Orozco A, Valencia CA, Restrepo LF, et al. Prevalencia de Parasitosis Intestinales y Factores Asociados en un Corregimiento de la Costa Atlántica Colombiana. Revista de Salud Pública;2008;10:633-642.
- Aguilar G, Juárez CA, Markowitz S, Hernández M, Sanchez FR, & Vázquez JH. Globalization and the transfer of hazardous industry: asbestos in Mexico, International Journal of Occupational and Environmental Health;2003;9:272-279.
- Aguilera M. Ciénaga de Ayapel: Riqueza en biodiversidad y recursos hídricos. Documento de trabajo. Cartagena de Indias: Banco de la República;2009.

- Aguzzi A, Virga C, & Ricco V. Riesgos en la práctica odontológica: Uso del Mercurio. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica; 2010;29:51-55
- Alarcón MA, Beltrán M, Cárdenas ML, & Campos MC. Recuento y determinación de viabilidad de *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en aguas potables y residuales en la cuenca alta del río Bogotá. Biomédica;2005;25:353-365.
- Alavanja MC, Bonner MR. Occupational pesticide exposures and cancer risk: a review. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B Critical Reviews;2012;15:238-263.
- Albalak R, Frisancho AR, & Keeler GJ. Domestic biomass fuel combustion and chronic bronchitis in two Bolivian villages. Thorax;1999;54:1004-1008.
- Alonso D, Pineda P, Olivero J, et al. Mercury levels in muscle of two fish species and sediments from the Cartagena Bay and the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Environmental Pollution;2000;109:157-163.
- Alvarado B, Palau C, & Paba F. Informe sobre los yacimientos de asbesto de Nodrizal, Antioquia. Boletín Minas y Petróleo;1939:121-144:37-49.
- Alvarado BE, & Vásquez LR. Determinantes sociales, prácticas de alimentación y consecuencias nutricionales del parasitismo intestinal en niños de 7 a 18 meses de edad en Guapi, Cauca. Biomédica;2006;26:81.
- Álvarez HI, & Tamayo DA. Estudio sobre la intensidad del campo electro-magnético en el centro de la ciudad de Medellín. Radiaciones Electromagnéticas Medellín;2004;1:1-6.
- Álvarez R. Efectos del aprovechamiento de metales preciosos en Colombia: los metales pesados en las aguas continentales, estuarinas y marinas. Segundo congreso internacional sobre geología y minería en la ordenación del territorio y en el desarrollo, Universidad de Manizales. Revista Utrillas;2009;06:67-84.
- Álvarez S, Jessick A, Palacio J, & Kolok A. Methylmercury Concentrations in Six Fish Species from Two Colombian Rivers. Bulletin Environmental Contamination Toxicology;2012;88:65-68.
- Alvis N, Alvis L, & Orozco J. Costo Efectividad del Gas Natural Domiciliario como Tecnología Sanitaria en Localidades Rurales del Caribe Colombiano. Revista de salud pública 2008;10:537-549.
- Alvis N, Pérez B, Narvaez J, Velandia M, & De La Hoz F. Estimación del impacto de la infección por Hepatitis A en zonas urbanas de Colombia 2008: Un análisis a partir de datos secundarios. Revista médica de Chile;2010;138:994-999.
- Alzate LM. Intoxicación crónica con mercurio en mineros del oro y frecuencia de malformaciones congénitas, abortos y muertes perinatales en el municipio de Quinchía departamento de Risaralda [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;1996.
- Alzate LM. Intoxicación crónica con mercurio en mineros del oro y frecuencia de malformaciones congénitas, abortos y muertes perinatales en el municipio de Quinchía departamento de Risaralda [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;1996.
- Amarillo MF, & Pastrana E. Estudio de la calidad del aire al interior de los hogares en los sectores de Puente Aranda, Salazar Gómez y San Rafael en la localidad de Puente Aranda [Tesis]. Bogotá DC: Universidad de Salle;2005.
- Amaya ML, & Rueda M. Aislamiento e identificación de microorganismos en el aire como bioindicadores de la contaminación ambiental en zonas del área metropolitana del área de Bucaramanga [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;1999.

- Amórtegui FJ. Los campos electromagnéticos y la salud humana: Una controversia vigente. *Mundo Eléctrico*;2007;21:34-36.
- Anderson JO, Thundiyil JG, & Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *Journal of Medical Toxicology*;2012;8:166-175.
- Angel VE, Franco L, Jaramillo JC, Medina LA, Ochoa LF, Velez AM, et al. Cryptosporidiosis en Medellín; prevalencia de *Cryptosporidium* en muestras fecales diarreicas en 6 laboratorios de Medellín: estudio de 10 casos. *Biomédica*;1985;5:53-61.
- Angulo J, Mahecha L, Yepes SA, Yepes AM, Bustamante G, & Jaramillo H. Quantitative and nutritional characterization of fruit and vegetable waste from marketplace: a potential use as bovine feedstuff?. *Journal of Environmental Management*;2010;95:203-209.
- Angulo LC, Huertas JI, & Restrepo GM. Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto. *Información Tecnológica*;2011;22:23-34.
- Antonovsky A. Health, stress and coping. San Francisco: Jossey-Bass Publishers;1979.
- Aponte G, Cadavid H, & Moncada ME. Los campos magnéticos de 60 Hz y sus posibles efectos en la salud. *Ingeniería y Competitividad*;2003;5:44-52.
- Aponte G, Escobar A, Pinedo CR, & Arizabaleta G. Medición de campos electromagnéticos en la ciudad de Cali, Colombia. *Información Tecnológica*;2007;18:39-47.
- Arango LM, Ramírez C, & Villegas LM. Determinación de insecticidas organoclorados en la papa de consumo de la ciudad de Manizales [Tesis]. Manizales: Universidad de Antioquia / Universidad de Caldas;1997.
- Arango M, Rodríguez DA, & Prada NE. Frecuencia de *Cryptosporidium* spp en materia fecal de niños entre un mes y trece años en un hospital local colombiano. *Colombia Médica*;2006;37:121-125.
- Arango MC, Álvarez LF, Arango GA, Torres OE, & Monsalve ADJ. Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*;2008;9:121-141.
- Arboleda LE. Estado del sector agua potable y saneamiento básico en la zona rural de la isla de San Andrés en el contexto de la reserva de biosfera [Tesis]. San Andrés Isla: Universidad Nacional de Colombia;2010.
- Arciniegas A, Rodríguez C, & Pachón J. Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá; *Acta Nova*;2006;3:145-154.
- Arévalo D, Lozano J, & Sabogal J. 2011. Estudio nacional de huella hídrica Colombia sector agrícola. *Revista internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*;2011;6:101-126.
- Arias J, & Marciales C. Analisis de cadmio y plomo en aguas superficiales por potenciometria de stripping. *Revista colombiana de química*;2003;32:113-129
- Arias JA, Guzmán GE, Lora FM, Torres E, & Gómez JE. Prevalencia de protozoos intestinales en 79 niños de 2 a 5 años de edad de un hogar infantil estatal en Circasia, Quindío. *Infectio*;2010;14:31-38.
- Aristizabal B, Cobo M, Hoyos A, Montes de Correa C, Abalos M, Martínez K, et al. Baseline levels of dioxin and furan emissions from waste thermal treatment in Colombia;2008;73:S171-S175.

- Aristizabal G. Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda [Tesis]. Santa fe de Bogotá: Universidad del Bosque,1997.
- Aroca G, Podlesky E, Ortiz J, et al. Daño renal asociado con exposición ambiental crónica al cadmio [Tesis]. Barranquilla: Universidad del Norte;1996.
- Arrazola AM. Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena, Colombia [Tesis] Cartagena: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
- Arrázola AM. Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena, Colombia [Tesis]. Cartagena: Universidad Nacional de Colombia;2011.
- Arrieta K, González F, Luna L. Exploración del riesgo para fluorosis dental en niños de las clínicas odontológicas, universidad de Cartagena. Revista de Salud Pública;2011;13:672-683.
- Ault SK. Pan American Health Organization's Regional Strategic Framework for addressing neglected diseases in neglected populations in Latin America and the Caribbean. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz; 2007;102:99-107.
- Ávila De Navia SL, & Estupiñán SM. Calidad bacteriológica del agua del humedal de Jaboque Bogotá, Colombia;Caldasia;2006;28:67-78.
- Baena LM. Informe de evaluación de metales pesados en los sedimentos del canal navarro (Canal interceptor sur). Santiago de Cali: [CVC] Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca;2005.
- Ballesteros V, Cuadros Y, Botero S, & Lopez Y. Factores de riesgo biológicos en recicladores informales de la ciudad de Medellín, 2005. Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública;2008;2:169-177.
- Bardassano J, Elorrieta J. Bioelectromagnetismo. Ciencia y Salud. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana;2000.
- Barrera C. Los problemas de salud asociados a la exposición ocupacional y ambiental al asbesto en Colombia. En: Mitastein (Ed.), Memorias reunión sobre asbesto y salud en América Latina, México D.F; México: ECO;1987:117-132.
- Barret R, Kuzawa C, McDade T, & Armelagos G. Emerging and reemerging infectious diseases: the third epidemiologic transition. Annual Review of Anthropology;1998;27:247-71.
- Bautista F. Caracterización de la población ocupacionalmente expuesta a plomo en Colombia. [Tesis]. Bogota: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de enfermería;2003.
- Bayona M, Avendaño C, & Amaya Á. Caracterización epidemiológica de la criptosporidiosis en población infantil de la región sabana centro (Cundinamarca). Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica;2011;14:7-13.
- Bayona S. Estudio de la población expuesta a plaguicidas organofosforados y carbamatos inhibidores de colinesterasas en el municipio de Molagavita [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2001.
- Beard J. Australian Rural Health Research Collaboration. DDT and human health. The Science of the Total Environment;2006;355:78-89.
- Bedoya J, & Martínez E. Calidad del aire en el Valle de Aburrá Antioquia – Colombia. Dyna;2008;76:7-15.

- Bedoya J. Concentración de monóxido de carbono presente en el aire y la intensidad de ruido en el centro de la ciudad de Medellín. (Convenio 4800000064 de 2003). Informe Final. Medellín: Universidad Nacional Sede Medellín;2003.
- Bell ML, Cifuentes LA, Davis DL, Cushing E, Telles AG, & Gouveia N. Environmental health indicators and a case study of air pollution in Latin American cities. *Environmental Research*;2011;111:57-66.
- Bentayeb M, Simoni M, Baiz N, et al. Adverse respiratory effects of outdoor air pollution in the elderly. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*;2012;16:1149-1161.
- Bernal C, Zapata CT, Durango HE, & Álvarez CM. Agentes etiológicos de diarrea en niños atendidos en la Unidad de Capacitación para el Tratamiento de la Diarrea del Hospital Universitario San Vicente de Paúl de Medellín. *Infectio*;2011;6:204-211.
- Bernal O, Forero JC, Villamil MP, & Pino R. Disponibilidad de datos y perfil de morbilidad en Colombia. *Revista Panamericana de Salud Pública*;2012;31:181–187.
- Betancur HY. Análisis de calidad del aire en el área metropolitana del Valle de Aburrá durante el primer semestre del año 2009 [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2009.
- Blanco J, Malato S, Estrada CA, Bandala ER, Gelover S, & Leal T. Purificación de aguas por fotocatalisis heterogénea: Estado del arte. Consultado el 22 de agosto de 2013; Recuperado de: <http://horus.psa.es/webeng/solwater/files/CYTED01/08cap03.pdf>.
- Blanco LC, Miranda V, Barraza A, et al. Efecto del Nivel Socioeconómico (SES) sobre la asociación contaminación atmosférica y mortalidad en Bogotá, Colombia. *Salud Pública de México*. (Manuscrito aceptado para publicación);2012a.
- Blanco LC, Miranda V, Hernández L, et al. Efecto del material particulado menor a 10 μm (PM_{10}) sobre la mortalidad en Bogotá, Colombia: un análisis de series de tiempo 1998 – 2006. *Salud Pública México*. (Manuscrito aceptado para publicación);2012b.
- Blanco LC. Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda, Bogotá DC, Colombia. *Acta Nova*;2006;3:257-284.
- Boeke CE, Mora M, Forero Y, & Villamor E. Intestinal Protozoan Infections in Relation to Nutritional Status and Gastrointestinal Morbidity in Colombian School Children. *Journal of Tropical Pediatrics*;2010;56:299-306.
- Bohórquez J, & Pérez JF. Radiación Ultravioleta. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*;2007;9:97-104.
- Bolívar N, & Jaramillo LJ. Niveles de material particulado y mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas Medellín 1980 – 2006 [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2012.
- Bond SJ, Schnier GC, Sundine MJ, Maniscalco SP, & Groff DB. Cutaneous burns caused by sulfuric acid drain cleaner. *Journal of Trauma-Injury infection & Critical Care*;1998;44:523-526.
- Bonilla AE. Calidad de la sal para consumo humano, de acuerdo con los análisis realizados en el Laboratorio de Salud Pública de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, D.C. 1992-2004. *Revista de Investigaciones en Seguridad Social y Salud*;2006;8:152-185.
- Bonilla C, García A, & Castillo L. Adsorción de cadmio, cromo y mercurio en suelos del valle del Cauca a varios valores de pH. *Acta Agronomica*;1991;41:1-4.

- Botero L, & Mancera J. Síntesis de los cambios de origen antrópico ocurridos en los últimos 40 años en la ciénaga de santa marta. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales*;1996;20:465-473.
- Briceño GD, Vera JF, Vélez S, Tovar MB, López C, & Céspedes J. Manejo de diarrea aguda de origen bacteriano: estudio de casos y controles. *Médica Sanitas*;2010;13:40-50.
- Brome JC, Vélez ML, & Linero ML. Alteraciones en el espermograma de trabajadores expuestos a plomo inorgánico en una fábrica de baterías [Tesis]. Medellín (Antioquia): Universidad de Antioquia;1993.
- Bruce N, Perez R, & Albalak R. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bulletin of the World Health Organization*;2000;78:1067–1071.
- Bundschuh J, Litter MI, Parvez F, et al. One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries. *The science of the Total Environment*;2012;429:2–35.
- Bustos H, Oyola D, Rojas Y, et al. Mineralogical analysis of auriferous ores from the El Diamante mine, Colombia. *Hyperfine Interactions*;2007;175:195–206.
- Cabarcas M, Olivero J, & Corrales H. Genotoxic effects in blood cells of *Mus musculus* and *Iguana iguana* living near coal mining areas in Colombia. *Science of the Total Environment*;2012;416:208–214.
- Cabezas L, Salas S, Matiz MI, Jaramillo JF, Sarmiento D, & Olano VA. Residuos sólidos como criaderos potenciales de *Aedes aegypti* en escuelas y viviendas aledañas en el área rural del municipio de Apulo, Cundinamarca. *Biomédica*;2011;31:24-25.
- Cáceres DC, Estrada E, Deantonio R, & Peláez D. La enfermedad diarreica aguda: un reto para la salud pública en Colombia. *Revista Panamericana de Salud Pública*;2005;17:6-14.
- Cacua IC. Caracterización fisicoquímica y microbiológica para aguas subterráneas en zona de influencia del acueducto metropolitano de Bucaramanga e implementación de los métodos para análisis de arsénico, selenio y fluor [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2004.
- Caicedo DM, Fonseca J, Pena M, et al. Lead and cadmium exposure among a cohort of pregnant women in Cali-Colombia: the GEMA study. *Memories: 23rd annual conference of the International Society of Environmental Epidemiology. Spain:ISEE*;2011.
- Camargo JA, & Alonso A. Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio. *Ecosistemas*; 2007;16:98-110.
- Campos C, Cárdenas M, & Guerrero A. Comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en diferente tipo de aguas de la sabana de Bogotá, Colombia. *Universitas Scientiarum*;2008;13:103-108.
- Cárdenas JJ, Lenis JF, & Amaya LF. Exposición a material particulado de un grupo similar de exposición de amas de casa que utilizan leña como combustible para la cocción de alimentos en la vereda Palmitas del municipio de El Santuario, durante el primer semestre del año 2012 Colombia [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2012.
- CárdenasO, Silva E, & Nava G. Actividad de la acetilcolinesterasa en trabajadores e individuos con riesgo de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en algunas regiones de Colombia, 2006-2009. *Salud & Trabajo*;2012;14:120-128.

- Cárdenas O, Silva E, & Ortiz JE. Uso de plaguicidas inhibidores de acetilcolinesterasa en once entidades territoriales de salud en Colombia, 2002-2005. *Biomédica*;2010;30:95-106.
- Cárdenas O, Silva E, Morales L, & Ortiz JE. Estudio epidemiológico de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en siete departamentos colombianos, 1998-2001. *Biomédica*;2005;25:170-180.
- Cárdenas O, Varona M, Núñez S, et al. Correlación de protoporfirina zinc y plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías de Bogotá, Colombia. *Revista de Salud pública de México*;2001;43:203-210.
- Cardona NM, Sánchez MM, Usuga LY, Arboleda M, Garzón E, Vélez A, et al. Caracterización de dos brotes de fiebre tifoidea en Apartadó, Antioquia, 2005. *Biomédica*;2007;27:236-243.
- Carmona J. Malaria, desnutrición y parasitosis intestinal en los niños colombianos: interrelaciones. *Latreia*;2004;17:354-369.
- Carranza LP. Cuantificación de micronúcleos en células de sangre periférica de mototaxistas que trabajan en la ciudad de Cartagena de Indias [Tesis]. Cartagena: Universidad Nacional de Colombia;2011.
- Carreño AC, & Prieto GP. Determinación y correlación del material particulado y gases con los principales microorganismos patógenos existentes en los ambientes intramural y extramural presentes en tres jardines infantiles ubicados en las localidades de Fontibón, Puente Aranda y Kennedy [Tesis]. Santa fe de Bogotá: Universidad de la Salle;2008.
- Casadiego G. Evaluación de factores de riesgo ambiental relacionados con la vivienda que inciden en la presencia de enfermedad diarreica aguda e infección respiratoria aguda en el municipio de San Gil, Santander [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2011.
- Castaño HL, & Mendez J. Pobreza y desigualdad en Colombia, Diagnóstico y estrategias. Bogotá: [DNP] Departamento Nacional de Planeación;2007.
- Cely MF, Sánchez M, Breysse PN, & Ramos JP. Personal exposures to asbestos fibers during brake maintenance of passenger vehicles. *Annals of Occupational Hygiene*;2012;56:985-999.
- Chen I, Kuo H, Eng HL. Porocarcinoma in a patient with chronic arsenism and multiple Bowen's disease: case report. *Dermatologic Surgery*;2005;31:1149-1151.
- Chen X, Geng Y & Fujita T. An overview of municipal solid waste management in China. *Waste Management*;2010;30:716-724.
- Chillán Y. Pandemónium. Bogotá: D´Vinni impresos;2011.
- Chin J. El control de las enfermedades transmisibles. Informe oficial de la Asociación Estadounidense de Salud Pública. Washington DC: [OPS] Organización Panamericana de la Salud;2001
- Cogan AM, & Saavedra IC. Diagnóstico, análisis y planteamiento de alternativas ambientales para minimizar la contaminación originada por los residuos tóxicos y peligrosos en el vertedero municipal El Carrasco, Bucaramanga [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2000.
- Cointreau S. Occupational and environmental health issues of solid waste management. Special emphasis on middle-and lower-income countries. Washington DC: The World Bank;2006.
- Collins C, Saldana M. Mercury exposure and its implications for visual health. *Canadian Journal of Ophthalmology*;2007;42:660-662.

- Colombia, Diario Oficial. Año CXXIX. Ley 99 de 1993. 22 de diciembre de 1993, Bogotá DC. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ley/ley_0099_221293.pdf ; 1993
- Combariza D. Contaminación por metales pesados en el embalse del muña y su relación con los niveles en sangre de plomo mercurio y cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibaté, Cundinamarca [Tesis]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia;2007.
- Combariza DA. Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibaté (Cundinamarca) 2007 [Tesis] Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2009.
- Concha S, Celedón Y, Vera W, et al. Prevalencia de fluorosis dental en escolares de 6 a 15 años de edad de la zona urbana de Bucaramanga. Revista Ustasalud Odontología;2003;2:73-82.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social /República de Colombia/ Departamento Nacional de Planeación. Documento Conpes 3344. Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire. Bogotá: Departamnto Nacional de Planeación;2005.
- Consuegra A. Evaluación del Contenido de Yodo y Flúor en la Sal para Consumo Humano Distribuida en el Departamento de Sucre [Tesis] Cartagena: Universidad de Cartagena;1996.
- Corcellas C, Feo ML, Torres JP, et al. Los piretroides en la leche materna humana: la frecuencia y de enfermería estimación de la ingesta diaria. Environ Int.;2012: 47:17-22.
- Cordy P, Veiga MM, Salih I, Al-Saadi S, De consola S, García O, et al. Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: The world's highest per capita mercury pollution. Science of the Total Environment:2011;410-411:154-160.
- Corrales LC, Angel V, & Caicedo DK. Identificación de Salmonella y Escherichia coli en manos y guantes de manipuladores en planta de sacrificio y faenado de un municipio de Cundinamarca. Nova Publicación Científica en Ciencias Biomédicas;2008;6:101-212.
- Correa IC. Efecto del Cromo, Mercurio y Cadmio Sobre el Crecimiento Poblacional de Chlorella vulgaris [Tesis]. Envigado, Antioquia: Escuela de Ingeniería de Antioquia;2003.
- Correa WA. Especiación del Plomo, Cromo y Cadmio con resina amberlita XAD-16 y cuantificación de Mercurio en aguas del río Cauca en Santiago de Cali por espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Santiago de Cali;2009.
- Cote M, Prieto E, Gutiérrez M, & Sandoval Y. Alteraciones neurocomportamentales en personas Expuestas a mercurio en la actividad minera del oro en el municipio de Segovia (Antioquia) 2005. Bogotá DC: [UPME] Unidad de Planeación Minero Energética;2006.
- Cotruvo JA, Dufour A, Rees G, Bartram J, Carr R, Cliver DO, et al. Waterborne zoonoses: identification, causes, and control. London: IWA Publishing;2004.
- Cuao EA, Álvarez L, & Vargas MM. Comportamiento de la enfermedad respiratoria de niños entre 5 y 14 años en la ciudad de Santa Marta en el primer trimestre de 2008 y 2009. Duazary;2012;1:33-41.

- Cuberos E, Rodríguez A, & Prieto E. Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. *Revista de Salud Pública*;2009;11:278-289.
- Cureton S. Environmental victims: environmental injustice issues that threaten the health of children living in poverty. *Environmental Health*;2011;26:141-147.
- Cussioli NA, Rocha GH, & Lange LC. Quantificação dos resíduos potencialmente infectantes presentes nos resíduos sólidos urbanos da regional sul de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*;2006;22:1183-1191.
- Dai XD, Lin CY, Sun XW, Shi YB, Lin YJ. The etiology of lung cancer in nonsmoking females in Harbin, China. *Lung Cancer*;1996;14:S85–S91.
- Dávalos-E. La caña de azúcar: ¿una amarga externalidad?. *Desarrollo y sociedad*;2007;59:117-164.
- De Koning H, Cantanhez A, & Benavides L. Desechos peligrosos y salud en América Latina y El Caribe. Washington DC: [CEPIS] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente;1994.
- De la Pava E, Salguero B, & Fernández O. Modelación matemática de la relación PM₁₀-enfermedades pulmonares en la Ciudad de Cali. *Scientia et Technica*;2008; 38:347-352.
- De los ríos R. Implicaciones oculares de la contaminación por mercurio en la población minera de Cauca [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;1991.
- Decreto 195 de 2005. Bogotá DC: [MAVDT] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / Alcaldía Mayor de Bogotá;2005.
- Decreto 2811 de 1974. Bogotá DC: [MAVDT] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / Presidente de la república;1974.
- Decreto 4741 de 2005. Artículo 2. Bogotá DC: [MAVDT] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / Presidente de la república;2005.
- Dennis RJ, Maldonado D, Norman S, Baena E, & Martinez G. Woodsmoke exposure and risk for obstructive airways disease among women. *Chest*;1996;109:115–119.
- Díaz AD. Alteraciones Neurológicas por Exposición a Plomo en Trabajadores de Procesos de Fundición, Soacha [Tesis]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia;2009.
- Díaz PA. Evaluación de los efectos del tabaquismo y la contaminación ambiental en la función pulmonar de adultos [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2010.
- Díaz RR. Los campos electromagnéticos de frecuencia industrial y los riesgos para la salud. *Investigación y Desarrollo*;2008;29:1-11.
- Donohoe M. Causes and health consequences of environmental degradation and social injustice. *Social Science & Medicine*;2003;56:573-587.
- Døssing M, Khan J, & al-Rabiah F. Risk factors for chronic obstructive lung disease in Saudi Arabia. *Respiratory Medicine*;1994;88:519–522.
- Duarte H, & Idrovo AJ. Biodiversity and mental health. *Intech*;2012;9:211-232.
- Dupont HL, Formal SB, Hornick RB, Snyder MJ, Libonati JP, Sheahan DG, et al. Pathogenesis of *Escherichia coli* diarrhea. *New England journal of medicine*;1971;285:1-9.
- Durán JA, & Acuña JD. Contribución de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles con la calidad del aire en los corredores viales de la calle 170 entre carreras séptima y autopista, carrera 11 entre calles cien y ochenta y cinco y avenida ciudad de Cali entre calles

- veintiséis y trece de la ciudad de Bogotá DC [Tesis]. Santa fe de Bogotá: Universidad de la Salle;2003.
- Durango J, Arrieta G, & Mattar S. Presencia de Salmonella spp. En un área del Caribe colombiano: un riesgo para la salud pública. Biomédica;2004;24:89-96.
- Echeverri CA, & Maya GJ. Relación entre las partículas finas (PM_{2.5}) y Respirables (PM₁₀) en la ciudad de Medellín. Revista ingenierias universidad de Medellin;2008;7:23-42.
- Echeverría RG. Opciones para reducir la pobreza rural en América Latina y el Caribe. Revista de la CEPAL;2000;70:47-160.
- Edelman R, & Levine MM. Summary of an international workshop on typhoid fever. Reviews of infectious diseases;1986;8:329-349.
- Edson EF, & Fenwick ML. Measurement of cholinesterase activity of whole blood. British Medical Journal;1955;1:1218.
- Eisler R. Health risk of gold miners a synoptic review. Environmental geochemistry and health;2003;25:325-345.
- Emerson JW, Hsu A, Levy MA, De Sherbinin A, et al. Environmental Performance Index and pilot trend environmental performance index. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy;2012:1-98
- EPSA [Empresa de Energía del Pacífico SA]. [En línea]. Colombia. Recuperado de: <http://www.epsa.com.co>;2013.
- Eriksson O, Carlsson M, Frostella B, Björklunda A, Assefaa G, Sundqvistb JO, et al. Municipal solid waste management from a systems perspective. Journal of Cleaner Production;2005;13:241-252.
- Escobar A, Cadavid H, & Aponte G. Caracterización de campos electromagnéticos de alta frecuencia en ambientes urbanos. Revista de Ingeniería;2010;31:40-46.
- Escobar C. La exposición a Mercurio Metálico. Biosalud;2006;1:31-36.
- Espinal P, Prieto E, Oter V, & Máttar S. Presencia del gen de invasividad inv A en cepas de Salmonella spp. aisladas de alimentos del Caribe Colombiano. Revista Cubana de Salud Pública;2006;32:1-11.
- Espinosa DM, & Reveiz DF. Estado actual de las antenas fijas de telefonía móvil frente a las normas de seguridad de las radiaciones no ionizantes en Santiago de Cali [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente;2009.
- Espinosa M, Rojas NY, & Gómez R. Caracterización del material particulado en dos vías de transporte público colectivo y masivo en Bogotá. Acta Nova;2006;32:323-335.
- Espinosa MT. Impacto de las medidas de control ambiental sobre la incidencia de patologías relacionadas con la exposición a asbesto en una empresa de cemento-asbesto de Santafé de Bogotá [Tesis]. Bogotá: Universidad El Bosque;1991.
- Estévez JA. Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá, Colombia 2008-2009 [Tesis]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia;2010.
- Estupiñán SM, & Avila SL. Calidad físicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. Nova Publicación Científica en Ciencias Biomédicas;2010;8:121-240.

- Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Vander S, & Murray CJ. Comparative Risk Assessment Collaborating Group. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *The Lancet infectious diseases*;2002;360:1347-1360.
- Fajardo OA, & Rojas NY. Particulate matter exposure of bicycle path users in a high-altitude city. *Atmospheric Environment*;2012;46:675-679.
- Fernández JA, Idrovo AJ, Cucunubá ZM, Reyes P, Guerra ÁP, Moncada LI, et al. Paradoxical associations between soil-transmitted helminths and Plasmodium falciparum infection. *Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*;2012;106:701-708.
- Feurman, A. Los residuos sólidos (la basura) un enfoque basado en los derechos de propiedad. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/basura.pdf> ;2002.
- Fewtrell L, Kaufmann RB, Kay D, Enanoria W, Haller L & Colford JM. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet infectious diseases*;2005;5:42-52.
- Filigrana P, Gómez OL, & Méndez F. Impacto de un sitio de disposición final de residuos sólidos en la salud respiratoria de los adultos mayores. *Biomédica*;2011a;31:322-34.
- Filigrana P, Jiménez L, Abrahams NC, et al. Association between particulate matter (PM), O₃ and NO_x and emergency room (ER) visits and hospital. *Memorias: 23rd annual conference of the International Society of Environmental Epidemiology. Spain: ISEE*;2011b.
- Filigrana P, Luna M, & Méndez F. Respiratory Effects in Schoolchildren Exposed to Industrial Sources of Particulate Material (PM). *Abstracts: 21st Annual conference of the International Society of Environmental Epidemiology. Dublin, Ireland: ISEE*;2009;20:S192-S193.
- Fjeldsa J, Alvarez MD, Lazcano JM, & León B. Illicit crops and armed conflict as constraints on biodiversity conservation in the Andes region. *Ambio*;2005;34:205-211.
- Flórez RE, & Molano SM. Estudio de morbilidad en un grupo de pensionados de una fábrica de asbesto-cemento de Santafé de Bogotá 1997-1998 [Tesis]. Bogotá: Universidad El Bosque;1998.
- Forero AM. Presencia de coinfección entre Rotavirus y Enterobacterias en niños menores de cinco años que acuden al servicio de urgencias por gastroenteritis aguda en Chia, Colombia. [Tesis]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana;2009.
- Forero NL, Caicedo LM, Gordillo G. Correlation of global solar radiation values estimated and measured on an inclined surface for clear days in Bogotá. *Renewable Energy*;2007;32:2590-2602.
- Franco JF, Rojas NY, Sarmiento OL, Hernandez LJ, Zapata E, Maldonado A, & et al. Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*;2009;49:101-111.
- Franco MC. Análisis espacio-temporal de la morbilidad asociada a la contaminación atmosférica en el municipio de Itagüí [Tesis]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia;2012.
- Franco PA, López LA, & Orozco ME. Calidad microbiológica del agua destinada para consumo humano en siete municipios de la región Caribe Colombiana. *CIENCIAACTUAL*;2012;1:46-60.

- Frumkin H. Salud Ambiental: de lo global a lo local. Washington, DC: Howard Fremkin;2010:364-366.
- Gaitán M, Cancino J, & Behrentz E. Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá 2007. Dossier: Ingeniera y medio ambiente;2007;26:81-92.
- Gallego GH. Residuos de pesticidas organoclorados en productos agrícolas de consumo humano en Cali [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad del Valle;1973.
- Galofre MD. Caracterización epidemiológica de intoxicaciones en el Hospital Infantil Napoleón Franco Pareja de la ciudad de Cartagena de 2009 a 2010 [Tesis] Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
- García H, Antolínez A, & Díaz C. Estimativo de precursores y comportamiento de la precipitación ácida-húmeda y seca-en el norte de Bogotá DC. Meteorología Colombiana;2004;8:37-42.
- García LF, & Muñoz LF. Percepción y conocimientos sobre daños a la salud y medidas de protección de personas expuestas ocupacionalmente al mercurio en la minería del oro [Tesis]. Segovia, Antioquia: Universidad de Antioquia;2011.
- García R, Agudelo G, & Jiménez J. Distribución espacial y temporal de la concentración de material particulado en Santa Marta, Colombia. Revista Facultad Nacional de Salud Pública;2006;24:73-82.
- Garland CF, Garland FC, & Gorham ED. Epidemiologic evidence for different roles of ultraviolet A and B radiation in melanoma mortality rates. Annals of Epidemiology;2003;13:395-404.
- Gary H. Ingeniería Ambiental. (2 Ed.). México: Prentice Hall;1999:44.
- Gavio B, Palmer S, & Mancera JE. Historical analysis (2000–2005) of the coastal water quality in San Andrés Island, SeaFlower Biosphere Reserve, Caribbean Colombia. Marine Pollution Bulletin;2010;60:1018-1030.
- Gaviria A, & Monsalve EY. Análisis para la Gestión de residuos peligrosos domiciliarios en el municipio de Medellín. [Tesis] Caldas, Antioquia: Coporación Universitaria Lasallista;2012.
- Gaviria CF, Benavides PC, & Tangarife C. Contaminación por material particulado (PM_{2,5} y PM₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). Revista Facultad Nacional de Salud Pública;2011;29:241-250.
- Gaviria CI, Velásquez VR, & Zuluaga EP. Calidad del aire en la Vereda El Ajizal del Municipio de Itagüí [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;2007.
- Ghose MK, & Majee SR. Assessment of the impact on the air environment due to opencast coal mining an Indian case study. Atmospheric Environment;2000;34:2791-2796.
- Girón SL, Mateus JC, & Méndez F. Impacto de un botadero a cielo abierto en el desarrollo de síntomas respiratorios y en costos familiares de atención en salud de niños entre 1 y 5 años en Cali, Colombia. Biomédica;2009;29:392-402.
- Gleeson SA, Herrington RJ, Durango J, Velasquez CA, & Koll G. The mineralogy and geochemistry of the Cerro Matoso SA Ni laterite deposit, Montelibano, Colombia. Economic Geology;2004;99:1197-1213.
- Gochfeld M. Framework for gender differences in human and animal toxicology. International Journal of Environ Research and Public Health;2007;104:4-21.
- Golub E, & Sánchez G. Environmental health in Colombia. An economic assessment of health effects. Sustainable Development Department Latin America and the Caribbean Region

Colombia and Mexico Country Management Unit. Report Prepared for the World Bank; 2012.

- Gómez A, & Martínez JL. Evaluación de la concentración de mercurio en material particulado PM 10 en siete ciudades del país [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2008.
- Gómez A, Henao E, Molina E, & Molina F. Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables (PM₁₀) en la zona de guayabal, Medellín, Colombia. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía;2003;30:24-33.
- Gómez AM, Naranjo D, Martínez AA, & Gallego DJ. Calidad del agua en la parte alta de las cuencas Juan Cojo y El Salado (Giardota - Antioquia, Colombia). Revista Facultad Nacional de Agronomía;2007;60:3735-3749.
- Gómez FA, Aguirre NJ, Betancur J, & Toro FM. Distribución de dos indicadores bacterianos de calidad de agua en el Golfo de Urabá, Caribe Colombiano. Gestión y Ambiente;2008;11:87-95.
- Gómez JA, Agudelo AA, Sarmiento JI, & Ronda E. Condiciones de trabajo y salud de los recicladores urbanos de Medellín (Colombia). Archivos de Prevención de Riesgos Laborales;2007;4:181-187.
- Gómez M, Saldarriaga J, Correa M, Posada E, & Castrillon FJ. Modelación estadística de los aportes de las Vías como fuentes de emisión a las Partículas Totales en Suspensión según modelo MCF, zona Centro de Medellín, Antioquia, Colombia. Dyna;2004;74:35-40.
- Gómez OG, Arzuza O, Urbina D, Bai J, Guerra J, Montes O, et al. Detection of Escherichia coli enteropathogens by multiplex polymerase chain reaction from children's diarrheal stools in two Caribbean-Colombian cities. Foodborne pathogens and disease;2010;7:199-206.
- Gómez RM, Filigrana PA, & Méndez F. Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. Colombia Medica;2008;39:245-52.
- González CM. Calidad del aire en la zona centro y oriente de la ciudad de Manizales: influencia del material particulado (PM₁₀) y lluvia ácida [Tesis]. Manizales: Universidad Nacional Sede Manizales;2012a.
- González CM, Aristizábal BH. Acid rain and particulate matter dynamics in a mid-sized Andean city: The effect of rain intensity on ion scavenging. Atmospheric Environment 2012b;60:164-171.
- González D, & Rojas W. Relación entre la exposición crónica ocupacional al plomo y los efectos neurocomportamentales, revisión documental [Tesis]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana;2008.
- González M, Vernhes M, & Sánchez- A. La radiación ultravioleta. Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. Theoria;2009;19:69-80.
- Gracia L, Marrugo J, Erasmo M, & Alvis R. Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009. Revista Facultad Nacional de Salud Pública;2010;28:118-124.
- Grajales DA. Análisis preliminar de la relación entre el uso de la biogasolina y su impacto en las emisiones de los principales gases deteriorantes de la calidad del aire bogotano [Tesis]. Bogotá: Universidad El Bosque;2009.
- GRALTA [Grupo de Investigación en Alta Tensión]. [En Línea]. Cali, Colombia. Universidad del Valle. Recuperado de: <http://gralta.univalle.edu.co/>;2005.

- Granados G, & Peña S. Determinación de mercurio en agua potable, sangre y orina en el municipio de Vetas, Santander por espectrometría de absorción atómica de vapor frío [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2001.
- Grandjean P, & Landrigan PJ. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *The Lancet infectious diseases*;2006;368:2167-2178.
- Grupo de Investigación en Aerosoles. Caracterización del Material Particulado Menor a 10 Micras MP10, Procesamiento y Análisis de la Información de Algunas Ciudades del País. Informe. Contrato 2062394. Bogotá: Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria/ MAVT;2007.
- Guernier V, Hochberg ME, & Guégan JF. Ecology drives the worldwide distribution of human diseases. *PLOS Biology*;2004;2:740-746.
- Guerra A, & Hernández L. Niveles sanguíneos de pesticidas organoclorados en población del Valle del Cauca. *Acta Médica del Valle*;1973;4:4-7.
- Gupta BN, & Mathur N. A study of household environmental risk factors pertaining to respiratory diseases. *Energy Environment Monitor*;1997;13:61-67.
- Gute D, Siqueira E, Goldberg JS, et al. The Vida Verde Women's Co-Op: Brazilian immigrants organizing to promote environmental and social justice. *American Journal of Public Health*;2009;99Suppl3:S495-498.
- Gutierrez JO, Hernández Y, Jaramillo JF, et al. Diarrea persistente en menores de dos años Fundación Clínica Infantil Club Noel, Cali-Colombia. *Revista Colombiana Salud Libre*; 2008;3:164-170.
- Gutiérrez MF, Matiz A, Trespacios AA, Parra M, Riaño M, & Mercado M. Virus diversity of acute diarrhea in tropical highlands. *Revista Latinoamericana de Microbiología*;2006;8:17-23.
- Hallenbeck WH. Quantitative risk assessment for environmental and occupational health. (2a Ed.). USA: CRC Press;1993.
- Halpern BS, Longo C, Hardy D, et al. An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature*;2012;488:615-622.
- Hernández L, Guerrero E, Cubillos F, & Salazar F. Niveles sanguíneos de insecticidas organoclorados en varios grupos de población colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas*;1986;45:49-58.
- Hernández LJ. Prevalencia de enfermedad respiratoria en niños menores de 10 años residentes en seis municipios mineros del Cesar, Colombia, 2012. Informe final. Bogotá: Instituto de Salud Pública Universidad Nacional de Colombia/Gobernación del Cesar;2012.
- Hernandez L, Duarte M, & Marciales C. Evaluación de plomo en el ambiente ocupacional de una industria de baterías. *Revista colombiana de química*;2001; 30:7-15.
- Herrera AB, Rodríguez LA, & Niederbacher J. Contaminación biológica intradomiciliaria y su relación con síntomas respiratorios indicativos de asma bronquial en preescolares de Bucaramanga, Colombia. *Biomédica*;2011;31:357-371.
- Heymann DL. El control de las enfermedades transmisibles (18 Ed.) Washington DC: Pan American Health Organization;2005.

- Hipócrates. Aires, aguas y lugares. W.H.S. Jones (Ed.). Cambridge, Harvard University Press, 1948. En: Buck C, Llopis A, Najera E, Terris M. El desafío de la epidemiología. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud;1991;505-1077.
- Hoyos LS, Carvajal S, Solano L, et al. Cytogenetic Monitoring of Farmers exposed to pesticides in Colombia. *Environmental Health Perspectives*;1996;104:535-538.
- Huber M, & Knottnerus JA, Green L, et al. How should we define health? *British Medical Journal*;2011;343:d4163.
- Hurtado C, Gutiérrez M, Echeverry J. Aspectos clínicos y niveles de plomo en niños expuestos de manera para ocupacional en el proceso de reciclaje de baterías de automóviles en las localidades de Soacha y Bogotá, D.C. *Biomédica*;2008;28:116-25.
- Idrovo AJ, Manotas LE, Villamil de García G, Romero SA, Ortíz J, Azcárate CE, et al. Niveles de mercurio y percepción del riesgo entre una población minera aurífera del Guainía, Orinoquía colombiana. *Biomédica*;2001;21:134-141.
- Idrovo AJ, Romero WM, Silva E, Villamil G, & Ortíz JE. Determinación de mercurio en muestras biológicas prehispánicas colombianas: Primeras experiencias y perspectivas de investigación. *Biomédica*;2002;22:67-70.
- Idrovo AJ, Sanín LH, & Cole DC. Tiempo para quedar en embarazo: Consideraciones generales y metodológicas. *Biomedica*;2005b;25:398-411.
- Idrovo AJ, Sanín LH. Resultados adversos en la procreación en mujeres trabajadoras en la floricultura colombiana: un resumen de la evidencia mediante metanálisis. *Biomédica*;2007;27:490-497.
- Idrovo AJ. Estimación de la incidencia de enfermedades ocupacionales en Colombia, 1985-2000. *Revista de Salud Pública*;2003;5:263-271.
- Idrovo AJ. Intoxicaciones masivas con plaguicidas en Colombia. *Biomédica*;1999;19:67-76.
- Idrovo AJ. Physical environment and life expectancy at birth in Mexico: an eco-epidemiological study. *Cadernos Saude Pública*;2011b;27:1175-1184.
- Idrovo AJ. Plaguicidas usados en la fumigación de cultivos ilícitos y salud humana: ¿una cuestión de ciencia o política?. *Revista de Salud Pública*;2004;6:199-211.
- Insuasty Liliana, Burbano H, & Menjivar J. Movilidad del cadmio en suelos cultivados con trigo en Tangua, Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*;2006;23:145-154.
- Isaza L, Mesa JA, & Tobón JI. Estudio preliminar de blanqueamiento del talco de La Unión, Antioquia. *Revista Dyna*;2005;72:1-11.
- Jaimes JI, & Vázquez W. Contaminación electromagnética. Monografía acerca de los efectos de los campos eléctricos y magnéticos de muy baja frecuencia sobre la salud humana [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana;1996.
- Jaramillo M, González DE, Núñez ME, Portilla GE, & Garcia JH. Análisis de series de tiempo univariante aplicando metodología de Box-Jenkins para la predicción de ozono en la ciudad de Cali, Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería*;2007;39:79-88.
- Jaramillo M, Núñez M, Ocampo W, Perez DD, & Portilla G. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes puntuales en la zona Cali-Yumbo, Colombia. *Ingeniería & Desarrollo*;2005;17:115-129.
- Jaramillo MM, & Boter LR. Comunidades liquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburra. *Gestión y ambiente*;2010;13:97-110.

- Joyce S. Environmental casualties of the war on the drugs. *The Environmental Health Perspectives*;1999;107:A74-A77.
- Jurewicz J, Hanke W, Makowiec T, & Sobala W. Exposure to pesticides and heavy work in greenhouses during pregnancy: Does it affect birth weight?. *International Archives of Occupational and Environmental Health*;2005;78:418-426.
- Khanjani N, Hoving JL, Forbes AB, & Sim MR. Systematic review and meta-analysis of cyclodiene insecticides and breast cancer. *Journal of Environmental Science and Health. Part C, Environmental Carcinogenesis & Ecotoxicology Reviews*;2007;25:23–52.
- Kossove D. Smoke-filled rooms and lower respiratory disease in infants. *South African Medical Journal*;1982;61:622–624.
- Landrigan PJ, Kimmel CA, Correa A, & Eskenazi B. Children's health and the environment: public health issues and challenges for risk assessment. *Environmental Health Perspectives*;2004;112:257-265.
- Larsen B. Cost of environmental damage: A socio-economic and environmental health risk assessment, Colombia. Final report. Cairo: Ministry of Environment, Housing and Land Development Republic of Colombia;2004.
- Lastra SM. Análisis epidemiológico de presentación de casos de intoxicaciones agudas en adultos en el Hospital Universitario del Caribe de la ciudad de Cartagena durante los años 2009 y 2010 [Tesis] Cartagena: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
- Lee RJ, Strohmeier BR, Bunker KL, & Van Orden DR. Naturally occurring asbestos - A recurring public policy challenge. *Journal of Hazardous Materials*;2008;153:1-21.
- Leguía CP. Sustancias peligrosas en las partículas suspendidas totales en un área de influencia vehicular de Bogotá DC [Tesis]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia;2004.
- León G, Espitia L, Hoyos LS, Da Silva J, Hartmann A, Henriques JA, et al. Assessment of DNA damage in coal open-cast mining workers using the cytokinesis-blocked micronucleus test and the comet assay. *Science of the Total Environment*;2011;409:686-691.
- Lightfoot NE, Pacey MA, & Darling S. Gold, nickel and copper mining and processing. *Chronic Diseases in Canada*;2010;29Suppl2:101-24.
- Lim HS, Lee JS, Chon HT, & Sager M. Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au–Ag mine in Korea. *Journal of Geochemical Exploration*;2008;96:223-230.
- Llamosa LE, Torres JI, & Villada JF. Aspectos fundamentales para la verificación de niveles de intensidad de CEMs en telefonía celular. *Scientia et Technica*;2010;16:280-285.
- Londoño B, Ospina CM, & Bedoya DL. Medición del campo eléctrico y magnético producido por las instalaciones del sistema de energía eléctrica colombiano. *Energética*;1997;17:23-40.
- Long ER, MacDonald DD, Smith SL, & Calder FD. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*. 1995;19:81-97.
- López A, Suarez OJ, Hoyos M, & Montes C. Perfil nacional de sustancias químicas en Colombia (2a Ed.) Bogotá DC: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible; [UNIDO] United Nations Industrial Development Organisation;2012.
- López A, Suarez OJ, Hoyos M, & Montes C. Perfil nacional de sustancias químicas en Colombia: Bogotá: [ONUDI] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial/Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Segunda edición;2012.

- López MP, & Espinosa J. Informe de evento de cólera, periodo epidemiológico XIII. Colombia 2011. Instituto Nacional de Salud, subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública; 2011.
- López MP, & Martínez J. Informe de evento cólera, año 2010. Colombia: [INS] Instituto Nacional de Salud;2011.
- López WS, Duarte L & Siliva P. Influence of inoculum on performance of anaerobic reactors for treating municipal solid waste. *Bioresource Technology*;2004;94:261-266.
- López YS. Monitoreo biológico para detectar riesgos potenciales de salud por exposición ocupacional a plaguicidas por medio de pruebas citogenéticas [Tesis]. Popayán: Universidad del Cauca;1994.
- Lora F, Marin C, Loango N, Gallego M, Torres E, Gonzalez M, et all. Giardiasis in children living in post-earthquake camps from Armenia, Colombia. *BMC Public Health*;2002;2:5.
- Lozano N. Air Pollution in Bogotá, Colombia: A Concentration-Response Approach. *Desarrollo y sociedad*;2004;54:133-177.
- Lucas R, McMichael T, Smith W, & Armstrong BK. Solar ultraviolet radiation: global burden of disease from solar ultraviolet radiation. Prüss A, Zeeb H, Mathers C, & Repacholi M. (Ed.). *Environmental Burden of Disease Series, N° 13*. Geneva: [WHO] World Health Organization;2006.
- Mackey TK, & Liang BA. Integrating biodiversity management and indigenous biopiracy protection to promote environmental justice and global health. *American Journal Public Health*;2012;102:1091-5.
- Madero A, & Marrugo J. Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los ríos Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*;2011;16:2391-2401.
- Madriñan CE. Compilación y análisis sobre contaminación del aire producida por la quema y la requema de la caña de azúcar, *saccharum officinarum L*, en el valle geográfico del río Cauca [Tesis]. Palmira: Universidad Nacional de Colombia sede Palmira;2002.
- Magglora DC, & López JA. Vulnerability to air pollution in Latin America and the Caribbean Region. Washington DC: World Bank;2006.
- Majumdar D, & Srivastava A. Volatile organic compound emissions from municipal solid waste disposal sites: a case study of Mumbai, India. *Journal of the Air & Waste Management Association*;2012;62:398-407.
- Maldonado W, Baldiris I, & Díaz J. Evaluación de la calidad del agua en la Ciénaga de la Virgen, Cartagena, Colombia durante el período 2006-2010. *Revista Científica Guillermo de Ockam*;2011;9:79-87.
- Malm O. Gold mining as a source of mercury exposure in the Brazilian Amazon. *Environmental Research*;1998;77:73-78.
- Mandelli S. Variáveis que interferem no comportamento da população urbana no manejo de resíduos sólidos domésticos no âmbito das residências. [Tese]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos;1997.
- Manjarres G, Manjarres G, & Linero J. Composición y concentración de material particulado en el aire de un sector del área urbana de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Revista Intropica*;2005;2:23-33.

- Manrique FG, Billon D, Bello SE, & Ospina JM. Agentes causantes de Diarrea en Niños Menores de 5 Años en Tunja, Colombia. *Revista de Salud Pública*;2006;8:88-97.
- Marín CE. Determinación de mercurio y plomo en organismos marinos y su correlación con los niveles de estos metales en la población expuesta [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad del Valle;1996.
- Marrugo J, Benitez LN, & Oliverol J. Distribution of mercury in several environmental compartments in an aquatic ecosystem impacted by gold mining in northern Colombia. *Archives environmental contamination toxicology*;2008;55:305-316.
- Marrugo J, Benitez LN, Olivero J, et al. Spatial and seasonal mercury distribution in the Ayapel Marsh, Mojana region, Colombia. *International Journal of Environmental Health Research*;2010;20:451-459.
- Marrugo J, Lans E, & Benítez L. Hallazgo de mercurio en peces de la ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*;2007;12:878-886.
- Marsili D, Comba P, Bruno C, Calisti R, Marinaccio A, Mirabelli D, et al. La prevención de las patologías del asbesto: perspectivas operativas de la cooperación italiana con los países de América Latina. *Revista de Salud Pública*;2010;12:682-692.
- Martignon S, & Granados OL. Prevalencia de fluorosis dental y análisis de asociación a factores de riesgo en escolares de Bogotá. *Revista Científica/Universidad del Bosque*.2002;8:19-27.
- Martínez A, Reyes I, & Reyes N. Citotoxicidad del glifosato en células mononucleares de sangre periférica humana. *Biomedica*;2007;27:594-604.
- Martínez E, Agudelo A, Viñas Y, et al. Alcances y limitaciones del flúor dentro de la política pública en salud bucal en Colombia. *Revista de Gerencia y Política de Salud*;2007a;6:34-44.
- Martínez E, Quiroz CM, Daniels F, & Montoya A. Contaminación Atmosférica y efectos en la salud de la población de Medellín y su área metropolitana. Medellín: Universidad de Antioquia, Alcaldía de Medellín, Alcaldía de Itagui, & Área Metropolitana del Valle de Aburra;2007b.
- Martínez E. Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*;2011;29:454-460.
- Martínez JA, & Varela SM. Modelo de valoración ambiental del impacto de la contaminación atmosférica por fuentes móviles en el municipio de Pereira. [Tesis]. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira;2012.
- Martínez JA. Concentración de sustancias peligrosas en material particulado recolectado en estaciones de monitoreo de la CAR-Cundinamarca [Tesis]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia;2005.
- Martínez L, Marulanda E, Noreña M, et al. Prevalencia de fluorosis y experiencia de caries dental en un grupo de escolares en el área urbana del Municipio de Yondó, Antioquia, Colombia, 2010. *Revista CES de Odontología*;2011;24:9-16.
- Martínez O, & López M. Prevalencia de alteraciones hematológicas en intoxicación ocupacional por plomo. *Acta Médica Colombiana*;1997;22:233-239.
- Marulanda D. Determinación de cromo total y disponible en diferentes fracciones granulométricas de sedimento del río Cauca por espectrometría de absorción atómica con llama [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad del valle;1997.

- Massey R. The “drug war” in Colombia: Echoes of Vietnam. *Journal of Public Health Policy*;2001;22:280-285.
- Mattar S, & Vásquez E. Escherichia coli O157: H7 Infection in Colombia. Facultad de Ciencias, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. *Emerging Infectious Diseases Letters*;1998;4:126-127.
- Mazo V, Sbriz L, & Alvarez M. Determination of traces of heavy metals in estuarine waters of Barbacoas Bay, Colombia, by X-ray fluorescence spectrometry. *X-Ray Spectrom*;1997;26:57-64.
- Medina SM, Gutierrez MF, Liprandi F, & Ludert JE. Identification and Type Distribution of Astroviruses among Children with Gastroenteritis in Colombia and Venezuela. *Journal of Clinical Microbiology*;2000;38:3481-3483.
- Mejía F, Mesa O, Poveda G, Vélez J, Hoyos C, Mantilla R, et al. Distribución espacial y ciclos anual y semianual de la precipitación en Colombia. *Dyna*;1999;127:7-26.
- Meléndez I, Martínez ML, Quijano A. Actividad mutagénica y genotóxica en el material particulado fracción respirable MP_{2.5} en Pamplona, Norte de Santander, Colombia. *IATERIA*;2012;25:347-356.
- Méndez F, Gómez OL, Girón S, Mateus JC, Mosquera J, Filigrana P, & et al. Evaluación del impacto del relleno sanitario Doña Juana en la salud de grupos poblacionales en su área de influencia. Informe final. Proactiva Doña Juana ESP SA/Universidad del Valle/ Escuela de Salud Pública/Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional;2006.
- Méndez IA, Badillo CA, Parra GO, & Faccini AA. Caracterización microbiológica de Salmonella en alimentos de venta callejera en un sector universitario de Bogotá, Colombia. *Médicas VIS*;2010;24:26-32.
- Méndez M, López P, Campos G, et al. Pleural mesothelioma in paraoccupational, environmental and occupational patients exposed to asbestos. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*;2010;48:361-366.
- Mendoza DL, Castillo L, Lozano S, et al. Factores de riesgo asociados con asma alérgica en niños de 4 a 16 años de Santa Marta, Colombia. *Duazary*;2008;1:9-14.
- Meo SA. Health hazards of cement dust. *Saudi Medical Journal*.;2004;25:1153-1159.
- Mesa JI, Jaramillo F, & Benjumea MV. Factores relacionados con la consulta tardía a dermatología por cáncer de piel: prueba piloto. Departamento de Caldas. *Hacia la Promoción de la Salud*;2008;13:178-194.
- Mesa JL. Lineamientos de política de residuos sólidos. Bogotá DC: [MAVDT] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial;2008.
- Milham S. Historical evidence that electrification caused the 20th century epidemic of "diseases of civilization". *Medical Hypotheses*;2010;74:337-345.
- Miller H, Gallego G, & Rodríguez G. Evidencia clínica de tracoma en indígenas colombianos del departamento de Vaupés. *Biomédica*;2010;30:432-439.
- Miller JR, Hudson KA, Lechler PJ, Preston D, & Macklin MG. Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Río Pilcomayo basin, Bolivia. *Science of the Total Environment*;2004;320:189-209.
- Miranda D, Carranza C, Rojas C, et al. Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*;2008;2:180-191.

- Misnaza S. Protocolo de vigilancia y control centinela de la exposición a flúor. Vigilancia y control en salud pública. Colombia: [INS] Instituto Nacional de Salud;2011.
- Misnaza SP, & Campo A. Investigación de campo, confirmación de casos de fluorosis dental, Resguardo Indígena Kankuamo – Atánquez, Cesar, 2011. Informe Quincenal Epidemiológico Nacional;2011;16:111-22.
- Mitra AK, & Rodriguez G. Latin America and the Caribbean: assessment of the advances in public health for the achievement of the Millennium Development Goals. International Journal of Environmental Research and Public Health;2010;7:2238-2255.
- Mitra S. Mercury in ecosystem, its dispersion and pollution today. Transtetch Publications, Suiza.; 1986.
- Monroy CM, Cortés AC, Sicard DM, & De Restrepo HG. Citotoxicidad y genotoxicidad en células humanas expuestas in vitro a glifosato. Biomedica;2005;25:335-345.
- Montaño SR, & Ortiz JN. Estudio preliminar del impacto ambiental de contaminación por mercurio y níquel en agua, suelo, sedimento y tejido vegetal en la microcuenca embalse del Muña [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2011.
- Montoya ML, & Zapata P. Contaminación extra e intradomiciliaria por material particulado respirable y su relación con la función pulmonar La Sierra-Puerto Nare, Antioquia. I Congreso Internacional y del Caribe en Salud Ambiental y Ocupacional: Salud, Trabajo y Ambiente. Medellín: Universidad de Antioquia;2010.
- Montoya MR, Morales A, & Olaya J. Estimación no-paramétrica de curvas típicas diarias para los contaminantes CO, NO₂ y SO₂ en Santiago de Cali. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente;2005;2:23-27.
- Morales W, & Carmona I. Estudio de algunos elementos traza en carbones de la cuenca cesar – Ranchería, Colombia. Boletín de ciencias de la tierra;2007;20:75-88.
- Moreno OL, & Salazar MT. Nociones de basura y prácticas de Manejo de residuos sólidos [Tesis]. Cali: Universidad del Valle;2009.
- Moreno S, Alvarado MV, Bermúdez A, & Gutiérrez MF. Análisis filogenético de las cepas de rotavirus y virus de la hepatitis A encontradas en agua de consumo en el municipio de Quibdó, Chocó. Biomédica;2009;29:209-217.
- Mukerjee D. Assessment of risk from multimedia exposures of children to environmental chemicals. Journal of the Air & Waste Management Association;1999;48:483-501.
- Muñoz AF. Evaluación del daño en el ADN en dos poblaciones colombianas de agricultores y floricultores. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica;2009;12:7-16.
- Muñoz AM, Quiroz CM, & Paz JJ. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición. Revista Facultad Nacional de Salud Pública;2006;25:85-94.
- Muñoz FA. Determinación del mercurio en suelos de Bucaramanga, utilizando un prolizador acoplado a un detector de mercurio basado en espectroscopía de absorción atómica diferencia del Zeeman [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2006.
- Muñoz K, & Bedoya A. El papel de los residuos sólidos. Recuperado de <http://www.eumed.net/rev/ea/03/mvbo.htm>;2009.
- Muñoz MC. Evaluación del grado de contaminación del río Cauca mediante especiación geoquímica del Cromo en sedimentos [Tesis]. Santiago de Cali;1999.

- Muñoz N, Agudelo CI, Ovalle MV, Realpe MH, et al. Vigilancia en red de los serotipos y la susceptibilidad antimicrobiana de *Salmonella* spp., *Shigella* spp. y *Vibrio cholerae* O1, 1997 – 1999. *Biomédica*;2000;20:210-217.
- Nash, L. Water quality and health. En Gleick PH, (Ed.). *Water in crisis: A guide to the world's fresh water resource*. Oxford University Press, New York, USA;1993.
- Navarro GF. Determinación de plaguicidas organoclorados en el agua potable de Bucaramanga y Piedecuesta por HRGC-ECD [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2001.
- Nieves E. Disposición Final de Residuos Sólidos en Colombia. En Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios (Ed.), *II Conferencia Internacional Gestión de Residuos en América Latina*. Colombia, Cali: Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios;2009.
- Noguera KM, & Olivero JT. Los rellenos sanitarios en América Latina: caso colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*;2010;132:347-356.
- Novoa J, & Demmer J. La industria del asbesto en Colombia. En Mitastein (Ed.). *Memorias reunión sobre asbesto y salud en América Latina*, Mexico DF;1985:33-46.
- Numpaqué J. Diferencias significativas en el estado viso-motor y viso-perceptual en niños de 10 a 15 años expuestos o no expuestos a plomo y mercurio en aire en tres localidades de Bogotá [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2010.
- Nweke OC, & Sanders WH. Modern environmental health hazards: a public health issue of increasing significance in Africa. *Environmental Health Perspectives*;2009;117:863-870.
- O'Dempsey T, McArdle TF, Morris J, Lloyd N, Baldeh I, & Laurence BE. A study of risk factors for pneumococcal disease among children in a rural area of West Africa. *International Journal of Epidemiology*;1996;25:885-893.
- Ocampo CE, Pradilla A, & Mendez F. Impacto de un depósito de residuos sólidos en el crecimiento físico infantil. *Colombia Médica*;2008;39:253-259.
- Ocampo D, Pareja CP, & Pareja MV. Efectos neuropsicotoxicos y ototoxicos ocasionados por mercurio en la minería artesanal, Vereda Minas del Vapor. Puerto Berrio 2003-2004 [Tesis]. Antioquia: Universidad de Antioquia;2004.
- Ochoa AJ, & Hernández AG. Mesotelioma invasivo de un canino: Citología, clínica y hallazgos patológicos. *International Journal of Morphology*;2008;26:103-112.
- Olaya P, Rodríguez- J, Posso HJ, & Cortez JE. Organochlorine exposure and breast cancer risk in Colombian women. *Cadernos de Saude Publica*;1998;148Suppl3:125-132.
- Olivero J, Caballero K, Torres N. Assessment of mercury in muscle of fish from Cartagena Bay, a tropical estuary at the north of Colombia. *International Journal of Environmental Health Research*. 2009;19:343–355.
- Olivero J, Duarte D, Echenique M, et al. Blood lead levels in children aged 5–9 years living in Cartagena, Colombia. *Science of the Total Environment*;2007;372:707–716.
- Olivero J, Johnson B, Baldiris R, et al. Human and crab exposure to mercury in the Caribbean coastal shoreline of Colombia: Impact from an abandoned chlor-alkali plant. *Environmental International*;2008a;34:476–482.
- Olivero J, Mendoza C, & Mestre J. Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el Norte de Colombia. *Revista de Saude Publica*;1995;29:376-379.

- Olivero J, Padilla C, & De la Rosa O. Relationships between physicochemical parameters and the toxicity of leachates from a municipal solid waste landfill. *Ecotoxicology and Environmental Safety*;2008b;70:294-299.
- Olivero J, Solano B, & Acosta I. Total Mercury in Muscle of Fish from Two Marshes in Goldfields, Colombia. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology*;1998;61:182-187.
- Olivero J, Johnson B, & Arguello E. Human exposure to mercury in San Jorge river basin, Colombia (South America). *Sci Total Environ*;2002;Apr 22;289:41-7.
- Onatra W, Vargas S, Páez E, Rojas D, & López A. Correlación entre la enfermedad respiratoria aguda (ERA) en mujeres embarazadas y la calidad del aire. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*;2009;12:27-37.
- Ordovas JM. Gender a significant factor in the cross talk between genes. *Environment and health*;2007;4:111-222.
- Orduña J. Determinación de arsénico total en lodos provenientes de plantas de potabilización de puerto mallarino y san Antonio [Tesis]. Santiago de Cali:Universidad del Valle;1999.
- Ortega J, Ferrís T, Claudio L, et al. Pediatric environmental health specialty units in Europe: from theory to practice. *Anales Españoles de Pediatría*;2005;63:143-251.
- Ortiz CH, Escobar J, & García D. Contaminación atmosférica y salud: estimación de una función dosis-respuesta para Cali. Centro de investigación y documentación socioeconómica;2000.
- Ortiz JM. Epidemiología de las intoxicaciones agudas en adultos atendidas en la Clínica San Juan de Dios de Cartagena en el periodo de 2009 – 2010 [Tesis] Cartagena: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
- Ostro B. Outdoor air pollution: assessing the environmental burden at national and local levels, Geneva: [WHO] World Health Organization;2004
- Pacheco JD. Determinación de la toxicidad aguda (CL₅₀) del extracto de polvillo de carbón frente a larvas de artemia franciscana [Tesis]. Cartagena: Universidad Nacional de Colombia;2011.
- Pachón J, & Sarmiento H. Análisis espacio-temporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá-Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*;2008;43:120-133.
- Pachón J, García H, Bustos M, Bravo H, & Sosa R. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en muestras de partículas atmosféricas en la zona metropolitana de la ciudad de Bogotá, Colombia. *Meteorología Colombiana*;2004;8:27-35.
- Panadero M. El proceso de urbanización de América Latina durante el periodo científico técnico. *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*;2001;298:742-98.
- Pandey MR, Boleij JS, Smith KR, & Wafula EM. Indoor air pollution in developing countries and acute respiratory infection in children. *The Lancet infectious diseases* 1989;333:427–429.
- Parascandola M, & Weed DL. Causation in epidemiology. *Journal of Epidemiology and Community Health*;2001;55:905-912.
- Park EK, Takahashi K, Jiang Y, Movahed M, & Kameda T. Elimination of asbestos use and asbestos-related diseases: An unfinished story. *Cancer Science*;2012;103:1751-1755.
- Parra J, & Espinosa L. Distribución de metales pesados (pb, cd y zn) en perfiles de sedimento asociado a rhizophora mangle en el río Sevilla - Ciénaga Grande de Santa Marta,

- Colombia. Revista de la Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales;2008;31:347-354.
- Patiño C, et al. Aspectos neuropsicológicos en memoria, atención, rapidez y destreza manual en población ocupacionalmente expuesta e intoxicación por plomo. [Tesis] Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana;1999.
- Poirier M, Izurieta R, Malavade S, & McDonald M. Re-emergence of cholera in the Americas: Risks, susceptibility, and ecology. Journal of Global Infectious Diseases;2012;4:162.
- Ponce A. ¿Cuál locomotora? El desalentador panorama de la minería en Colombia. Bogotá: Debate; 2012.
- Posada MI. Estudio descriptivo sobre los efectos de algunos metales pesados (Cadmio, cromo y mercurio) en plantas acuáticas de ecosistemas tropicales [Tesis]. Envigado, Antioquia: Escuela de Ingeniería de Antioquia;2005.
- Poveda G. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diaria. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales;2004;28:201-222.
- Prada GD, & Robayo MA. Evaluación del incremento en carbono orgánico (OC) y carbono elemental (EC) en el material particulado generado por quema de biomasa en el valle geográfico del río Cauca [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2010.
- Pradilla G. Estudio neuroepidemiológico y toxicológico de los contaminantes del río Surata [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;1992.
- Prieto G, & Gonzalez M. Diagnosis of environmental problems related to vein goldmining in Colombia. Environmental Geochemistry in the Tropics. Lecture Notes Earth Sciences;1998;72:185–191.
- PROFAMILIA. Encuesta Nacional de Demografía y Salud. Bogotá, Colombia;2010.
- Proshansky HM. The field of environmental psychology: securing its future. In: Stokols D, Altman I (Editors). Handbook of environmental psychology. New York: John Wiley & Sons;1987:1467–88.
- Prüss A, & Corvalán C. How much disease burden can be prevented by environmental interventions?. Epidemiology;2007;18:167-178.
- Prüss A, & Corvalán C. Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease. Geneva: [WHO] World Health Organization;2006.
- Qdais HA, Abdulla F, & Qrenawi L. Solid waste landfills as a source of green energy: case study of Al Akeeder landfill. Jordan journal of mechanical and industrial engineering;2010;1:69-74.
- Quevedo E. Los tiempos del cólera: orígenes y llegadas de la peste a Colombia. Credencial Historia;1992;29:
- Quijano A, & Orozco JA. Monitoreo de Material Particulado fracción respirable (PM_{2.5}) en Pamplona, Colombia. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas;2005;3:1-11.
- Quijano A, Quijano MJ, Henao JA. Caracterización fisicoquímica del material particulado-fracción respirable PM_{2.5} en Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal;2010;8:1-20.
- Quijano A. Promedios geométricos de material particulado fracción respirable (PM₁₀) y detección de metales en el aire de Bucaramanga. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas;2004;2:21-32.

- Rachiotis G, Papagiannis D, Markas D, et al. Hepatitis B virus infection and waste collection: prevalence, risk factors, and infection pathway. *American Journal of Industrial Medicine*;2012;55:650-655.
- Rada MP. Estudio y evaluación del grado de contaminación por cadmio, mercurio y plomo en aguas, peces y sedimentos del río Cauca por espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad de Valle;1998.
- Ramírez B, Franco A, & Ochoa E. Fluorosis Dental en Escolares de 6 a 13 Años de Instituciones Educativas Públicas de Medellín, Colombia 2006. *Revista de salud pública*;2009;11:631-640.
- Ramírez B, Franco A, Gómez A, et al. Fluorosis dental en escolares de instituciones educativas privadas, Medellín, Colombia 2007. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*;2010;21:170-176.
- Ramírez B, Puerta Á, Franco E, et al. Hábitos de consumo y uso de la crema dental de niños y niñas asistentes a los hogares comunitarios del ICBF y centros infantiles del programa buen comienzo. Medellín: Secretaría de salud del municipio de Medellín/Universidad de Antioquia;2011.
- Ramírez S, Franco A, Sierra J, et al. Fluorosis dental en escolares y exploración de factores de riesgo, municipio de Frontino, 2003. *Revista Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia*;2006;17:26-33.
- Raphael D, Curry A, & Bryant T. Barriers to addressing the social determinants of health: insights from the Canadian experience. *Health Policy*. 2008;88;2:222-35.
- Raudsepp C, Peterson G, Tengö M, et al. Untangling the environmentalist's paradox: why is human well-being increasing as ecosystem services degrade?. *BioScience*;2010;60:576-589.
- Rauh VA, Landrigan PJ, & Claudio L. Housing and health: intersection of poverty and environmental exposures. *Annals of the New York Academy Sciences*;2008;1136:276-288.
- Rego R, Moraes L, & Dourado L. Diarrhoea and garbage disposal in Salvador, Brazil. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*;2005;99:48-54.
- Reid A, Heyworth J, De Klerk NH, & Musk B. Cancer incidence among women and girls environmentally and occupationally exposed to blue asbestos at Wittenoom, Western Australia. *International Journal of Cancer*;2008;122:2337-2344.
- Resolución 1390 de 2005. Bogotá DC: [MAVDT] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial;2005.
- Restrepo M, Muñoz N, Day NE, et al. Prevalence of adverse reproductive outcomes in a population occupationally exposed to pesticides in Colombia. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*;1990;16:232-238.
- Rey I, & Fula YM. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda, en Bogotá DC [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2005.
- Ríos MJ, & Bermudez EM. Descripción y análisis del sistema de vigilancia epidemiológica del programa de fluoruración de la sal en Colombia (A)/ Description and analysis of the epidemiological surveillance system from the salt fluoridation program in Colombia (A). *Revista de la Federación Odontológica Colombiana*;2001;60:57-72

- Ripoll J. La Basura no tiene por qué ser un problem. [Monografía en Internet]. Ciudad???: Editorial??? [Fecha de Consulta]. Disponible en: http://www.fsa.ulaval.ca/rdip/cal/lectures/societe_ecolo/basura_no_tiene_porque_ser.htm; 2003.
- Rivas M, Rojas E, Cortés J, & Madronish S. Aumentos de la irradiancia solar ultravioleta debido al efecto altitudinal. Memorias del XIV Simposio Chileno de Física. Chile;2004.
- Robinson K. The Soroako nickel project: a healthy development?. *International Journal of Health Services*;1985;15:301-19.
- Rodríguez A, González JF, & Martínez RS. Accumulation of Lead, Chromium, and Cadmium in Muscle of Capitán (Eremophilus mutisii), a Catfish from the Bogota River Basin. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*;2009;57:359–365.
- Rodríguez J, Meléndez L, Pacheco W, et al. Análisis comparativo de los niveles de mercurio en la sangre de individuos con y sin restauraciones en amalgamas. *Ustasalud*;2005;4:29-37.
- Rodríguez L, & Sierra D. Evaluación preliminar del impacto ambiental por contaminación de plomo y cadmio en agua, suelo y sedimento en 4 puntos de la sub-cuenca del río Tunjuelo [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2011.
- Rodríguez LA, Castro H, & Rey JJ. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud respiratoria de población susceptible: un estudio multinivel en Bucaramanga, Colombia. *Cadernos de Saúde Pública*;2012;28:749-757.
- Rodríguez LA, Herrera AB, Castro, et al. Incidencia de síntomas respiratorios y su asociación con contaminación atmosférica en preescolares: un análisis multinivel. *Cadernos de Saúde Pública*;2010b;26:1411-1418.
- Rodríguez LA, Rey JJ, Herrera AB, Castro H, Niederbacher J, Vera L, et al. Prevalencia de síntomas respiratorios indicativos de asma y asociación con contaminación atmosférica en preescolares de Bucaramanga, Colombia. *Biomédica*;2010a;30:15-22.
- Rojas NY, Abel F, & Rodríguez AM. Evaluación de la medición de emisiones con fines regulatorios en Colombia: dos estudios de caso. *Dossier Ingeniera y medio ambiente*;2009;30:112-121.
- Rojas R. Gestión integral de tratamiento de aguas residuales. Curso internacional. Brasil:Cepis;2002.
- Romano MA, Romano RM, Santos LD, et al. Glyphosate impairs male offspring reproductive development by disrupting gonadotropin expression. *Archives of Toxicology*;2012;86:663-673.
- Romero S, & Guevara L. Evaluación de los impactos ambientales ocasionados por la contaminación de cadmio y plomo en suelo, agua y sedimento, de los municipios Tabío y Tenjo, pertenecientes a la Sub-Cuenca del río Chicú [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2011.
- Romieu I, Álamo U, Pérez L, et al. Tendencias de la contaminación atmosférica en la Américas: impactos y políticas. Washington DC: Mc Graw-Hill Interamericana;2010.
- Rothman KJ. Causes. *American Journal of Epidemiology*;1976;104:587-592.
- Rothwell C, Hamilton C, & Leaveron P. Identification of sentinel health events as indicators of environmental contamination. *Environmental Health Perspectives*;1991; 94:261-263.
- Roto P. Asthma, symptoms of chronic bronchitis and ventilatory capacity among cobalt and zinc production workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*;1980;6:1-49.

- Rugeles JJ, Jaimes A, Sánchez VH, Mantilla OA, & Sastoque E. Análisis de los límites de exposición humana a campos electromagnéticos de acuerdo a la norma UIT-K.52 para frecuencias entre 10 kHz y 3 GHz en áreas urbanas de Bucaramanga. *Revista Ingeniería e Investigación*;2007;27:149-158.
- Ruiz J, Gómez G, Durán C, et al. Contribución de las condiciones locativas y ambientales al riesgo de contaminación con mercurio en las entidades odontológicas de Antioquia. *Revista Facultad Nacional de salud pública*;2008;26:164-168.
- Ruiz J, Pérez J, Gómez G. et al. Riesgo en el manejo de la amalgama dental en las entidades odontológicas medianas y pequeñas en el departamento de Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de salud pública*;2009;27:187-197.
- Salamanca LE. Diagnóstico ambiental asociado al manejo de residuos sólidos urbanos en el municipio de Arauca [Tesis]. Arauca: Universidad Nacional de Colombia;2005.
- Salazar A, & Álvarez L. Los efectos del material particulado 10 (PM 10) y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños en la ciudad de Santa Marta, Colombia, 2008-2009. *DUAZARY*;2011;2:127-142.
- Salazar CA. Distribución espacial y dinámica de cromo y plomo en los suelos vecinos al basurero de Navarro de la ciudad de Cali [Tesis]. Santiago de Cali: Universidad del Valle;2006.
- Samet JM, Marbury MC, & Spengler JD. Health effects and sources of indoor air pollution. Part I. *The American Review of Respiratory Disease*;1987;136:1486-508.
- Sánchez C, Ramírez J, Calderón E, et al. Perfil sociodemográfico y epidemiológico de la población expuesta a la contaminación por mercurio, plomo y cadmio, ubicada en la vereda Manuel Sur del municipio de Ricaurte y los barrios Brisas del Bogotá y La Victoria del municipio de Girardot [Tesis]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana;2010.
- Sanchez CL. Una mirada a las enfermedades parasitarias en el país; An overview to parasites diseases in the country. *NOVA Publicación científica*;2006;4:100-103.
- Sánchez CM, & Espinosa J. Informe del evento hepatitis A, hasta el 08 periodo epidemiológico del año 2012 - Colombia. Instituto Nacional de Salud. 2012.
- Sánchez E, Kulsum A, & Yewinda A. Environmental Priorities and Poverty Reduction: A Country Environmental Analysis for Colombia. Washington DC: The World Bank;2007.
- Sánchez JM. Evaluación de la concentración de mercurio en diversas marcas de atún enlatado comercializadas en la ciudad de Cartagena de Indias. [Tesis] Cartagena. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Medicina Departamento de Toxicología Convenio Universidad de Cartagena de Indias;2011.
- Sánchez LE. Control de la contaminación de las aguas. Consultado el 22 de agosto de 2013, Recuperado de: <http://www.ciefa.org/acrobat/modulos/LECTURA%20DOS%20%20MODULO%20DOS%20GAOT.pdf>
- Sanclemente G, & Díaz A. Impact of a sun protection campaign in Medellín, Colombia. *International Journal of Dermatology*;2009;48:1296-1302.
- Sanclemente G, & Hernández GE. Altos índices de radiación ultravioleta en Medellín y en una localidad del oriente antioqueño, Colombia. *Iatreia*;2010;23:119-126.

- Sanín LH, Carrasquilla G, Solomon KR, Cole DC, & Marshall EJ. Regional differences in time to pregnancy among fertile women from five Colombian regions with different use of glyphosate. *Journal of Toxicology Environmental Health part A*;2009;72:949-60.
- Sarmiento MI, Idrovo AJ, & Restrepo M. Determinación de arsénico total en cabello de individuos expuestos al embalse contaminado del Muña (Sibaté, Cundinamarca). *Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia*;1999;47:205-209.
- Schlosberg D. *Defining environmental justice: theories, movements, and nature*. New York: Oxford University Press;2007.
- Senado de la República de Colombia. *La basura: Un recurso renovable*. Debate comisión V del Senado de la República. Bogotá DC: Senado de la República de Colombia;2004.
- Senyigit A, Dalgic A, Kavak O, & Tanrikulu AC. Determination of environmental exposure to asbestos (tremolite) and mesothelioma risks in the southeastern region of Turkey. *Archives of Environmental Health*;2004;59:658-662.
- Serpa D. *Análisis epidemiológico de las intoxicaciones agudas atendidas en la Clínica Cartagena del Mar entre 2009 y de 2010 [Tesis]* Cartagena: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
- Shah N, Ramankutty V, Premila PG, & Sathy N. Risk factors for severe pneumonia in children in south Kerala: a hospital-based case-control study. *Journal of Tropical Pediatrics*;1994;40:201-206.
- Shy C, Greenberg R, & Winn D. Sentinel health events of environmental contamination: a consensus statement. *Environmental Health Perspectives*;1994;102:316-317.
- Siachoque Y. *Distribución de metales en los sedimentos de diferentes cuerpos de agua de Colombia [Tesis]*. Bogotá: Universidad de la Salle;2001.
- Silva E, Morales L, & Ortiz J. Evaluación epidemiológica de plaguicidas inhibidores de acetilcolinesterasa en Colombia, 1996-1997. *Biomédica*;2000;20:200-209.
- Skvarca J, & Aguirre A. Normas y estándares aplicables a los campos electromagnéticos de radiofrecuencias en América Latina: Guía para los límites de exposición y los protocolos de medición. *Revista Panamericana de Salud Pública*;2006;20:205-212.
- Smith K, & Ezzati M. How environmental health risks change with development: the epidemiologic and environmental risk transitions revisited. *Annual Review of Environmental And Resources*;2005;30:291-333.
- Smith K, Corvalan C, & Kjellstrom T. How much global ill health is attributable to environmental factors?. *Epidemiology*;1999;10:573-584.
- Smith KR. *Biofuels, air pollution and health: A global review*. Nueva York: Plenum Press;1987.
- Smith KR. Fuel combustion, air pollution and health: the situation in developing countries. *Annual Review of Energy and Environment*;1993;18:529-566.
- Snijder CA, Te Velde E, Roeleveld N, & Burdorf A. Occupational exposure to chemical substances and time to pregnancy: a systematic review. *Human Reproduction Update*;2012;18:284-300.
- Solarte I, Caicedo M, & Restrepo S. *Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños en Bogotá*, Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 1999.
- Solórzano L, Hernandez G, & Jaramillo D. Colombia: 40 million people exposed to extreme ultraviolet radiation during the whole year. *Radiation Protection Dosimetry*;2000;91:325-328.

- Soto C, Gutiérrez S, Rey A, & González E. Biotransformación de metales pesados presentes en lodos ribereños de los ríos Bogotá y Tunjuelo. NOVA Publicación Científica;2010;8:121–240.
- Storesund A, & Rønning F. Miljørettet helsevern og industriforurensning i 1890-årene. Tidsskrift for den Norske Lægeforening;2001;121:3561-5.
- Strahler A, & Strahler AH. Introduction to environmental science. Hamilton Publishing. USA;1974.
- Suárez CI, & Gomez W. Residuos peligrosos en Colombia. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, Universidad Nacional;2000;15:41-52.
- Suarez D, Albarracín A. Problemas visuales y oculares asociados al trabajo con cromo en curtiembres de san Benito en una empresa de Bogotá [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2008.
- Susser M. What is a cause and how do we know one? A grammar for pragmatic epidemiology. American Journal of Epidemiology;1991;133:635-648.
- Tauxe RV, Mintz ED, & Quick RE. Epidemic cholera in the new world: translating field epidemiology into new prevention strategies. Emerging Infectious Diseases;1995;1:141.
- Taylan V, Dahiya RP, & Sreekrishnan TR. State of municipal solid wastemanagement in Delhi the capital of India. Waste Management;2008;6:1276-1287.
- Tchobanoglous G, Theisen H, & Vigil SA. Gestión Integral de Residuos Sólidos. (2 Ed.) México: Mc Graw Hill;1998.
- Téllez JA, Carvajal RM, Gaitán AM. Aspectos Toxicológicos Relacionados con la Utilización del Cromo en el proceso Productivo de Curtiembres. Revista Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia;2004;52:50-61.
- Téllez JA. Toxicidad crónica por plomo en menores trabajadores de mecánica automotriz Barrio Girardot Bucaramanga [Tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia;1987.
- Tello P, Martínez E, Daza D, Soulier M, & Terraza Horacio. Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y El Caribe 2010. Recuperado de: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36466973>;2010.
- Tenembaum D. Coca-killing controversy. Environmental Health Perspectives;2002;110:A236.
- Thomas E. Solid Waste Management. Critical Issues for Developing Countries. Toronto: Hignell Ltd;1998.
- Tirado O, Manjarrez G, & Díaz C. Caracterización ambiental de la ciénaga de la Quinta localizada en Cartagena de Indias, Colombia 2009 - 2010. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica;2011;14:131-139.
- Tirado V, García M, Moreno L, et al. Alteraciones neuropsicológicas por exposición ocupacional a vapores de mercurio en el Bagre, Antioquia, Colombia. Neurología;2000;31:712-716.
- Toro MV, Molina E, Serna J, Fernández M, & Ramírez GE. Plan de descontaminación del aire en la región metropolitana del Valle de Aburrá Producción + Limpia;2010;5:10-26.
- Torres H. Efectos biológicos por exposición a campos. Innovación y Ciencia;2005;12:48-54.
- Torres JE. Análisis de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica en Bogotá [Tesis]. Bogotá: Universidad de los Andes;2002.
- Torres JI, & Alzate LH. Efectos de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes en sistemas biológicos. Revista Médica de Risaralda;2006;12:44-54.

- Torres JI, Ochoa MC. Criterios técnicoambientales para el análisis del riesgo por contaminación electromagnética no ionizante en Colombia. *Revista Luna Azul*;2007;24:8-14.
- Troya MC, & Zabala J. Influencia en la salud de la población expuesta a radiaciones no ionizantes con frecuencias comprendidas entre 0 Hz a 300 GHz [Tesis]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana;2007.
- Universidad de la Salle/ Fundación Neumológica de Colombia. Efectos de la quema de Caña de Azúcar sobre la salud respiratoria de la población del valle geográfico del Rio Cauca. Investigación. Cali: Universidad de la Salle/ Fundación Neumológica de Colombia;2012.
- Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). Evaluación de la calidad del aire en la cuenca de la quebrada Altavista. Medellín: Grupo de investigaciones ambientales, GIA, 2006.
- Upton A. Radiación. En: Frumkin H (Ed.), *Salud Ambiental (747-787)*. Washington: Organización Panamericana de la Salud;2010.
- Urban P, Gobba F, Nerudova J, et al. Color discrimination impairment in workers exposed to mercury vapor. *Neurotoxicology*;2003;24:711-716.
- Urbina D, Arzuza O, Young G, Parra E, Castro R, & Puello M. Rotavirus type A and other enteric pathogens in stool samples from children with acute diarrhea on the Colombian northern coast. *International Microbiology*;2003;6:27-32.
- Urbina D, Mendoza K, Puello M, Baena N, Young G, Flechas LA, et al. Cólera en Bolívar de 1991 a 1997. *Biomédica*;1997;17:313-20.
- Vahter M, Akesson A, Lidén C, et al. Gender differences in the disposition and toxicity of metals. *Environmental Research*;2007;104:85-95.
- Valbuena JJ, Duarte M, & Marciales C. Evaluación de plomo en sangre de trabajadores de industrias de baterías. *Revista Colombiana de Química*;200;30:17-25.
- Valencia JA, Espinosa A, Parra A, & Peña M. Percepción del riesgo por emisiones atmosféricas provenientes de la disposición final de residuos sólidos. *Revista de salud pública*;2011;13:930-941.
- Valera M, López C, López J, & Sáez JM. Medio ambiente, medio social y epidemias: topografía médica de Cartagena y la epidemia de cólera de 1885 según Federico Montaldo y Peró. Lull: *Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*;2004;27:165-190.
- Vargas FA, & Rojas NY. Composición química y reconstrucción másica del material particulado suspendido en el aire de Bogotá. *Ingeniería e investigación*;2010;30:105-115.
- Vargas FA, Rojas NY, Pachon JE, & Russell AG. PM₁₀ characterization and source apportionment at two residential areas in Bogota. *Atmospheric Pollution Research*;2012;3:72-80.
- Vargas ML, & Quiroz CA. Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental, Colombia, 2008-2009. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*,2011;29:461-468.
- Varona M, Cárdenas O, Crane C, Rocha S, Cuervo G, & Vargas J. Alteraciones citogenéticas en trabajadoras con riesgo ocupacional de exposición a plaguicidas en cultivos de flores en Bogotá. *Biomedica*;2003;23:141-52.
- Varona M, De la Hoz F, Peña G, & Cárdenas O. Seguimiento de una cohorte de mujeres trabajadoras en cultivos de flores de la Sabana de Bogotá. *Biomédica*;1998a;18:30-6.

- Varona M, Díaz S, Henao G, et al. Exposure factors to organophosphate and carbamates pesticides in the Putumayo department, 2006. *Pesticides - The Impacts of Pesticides Exposure*. Rijeka: InTech;2011: 91-102.
- Varona M, Henao GL, Díaz S, et al. Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos. *Biomédica*;2009;29:456–475.
- Varona M, Morales L, Ortiz J, Sánchez J, Cárdenas O, & De la Hoz F. Panorama epidemiológico de exposición a plaguicidas inhibidores de colinesterasa en 17 departamentos país. *Biomédica*;1998b;18:22-29.
- Varona ME, Lancheros AR, Murcia AL, et al. Organochlorine pesticide exposure among agricultural workers in Colombian regions with illegal crops: an exploration in a hidden and dangerous world. *International Journal of Environmental Health Research*;2010;20:407-414.
- Varona ME, Torres CH, Díaz SM, Palma RM, Checa DM, & Conde JV. Estado de la oferta técnica de servicios de higiene y seguridad industrial, Colombia 2010. *Biomédica*;2012;32:60-70.
- Vasquez A. Evaluación por espectrometría de absorción atómica de mercurio en aguas del tramo sur del río Cauca [Tesis]. Santiago de Cali;2001.
- Veiga M. El lugar más contaminado con mercurio en el mundo: impresiones de dos visitas de campo. [ONUDI] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial: Antioquia, Colombia;2010.
- Veiga M. Mercury in Artisanal Gold Mining in Latin America: Facts, Fantasies and Solutions. Vienna: [UNIDO] Expert Group Meeting;1997b.
- Velasco M. La calidad del aire asociado con metales pesados en la ciudad de Manizales [Tesis]. Manizales: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales;2005.
- Vesga C, & Prez H. Prospección y Génesis del Mercurio en el Flanco Occidental de la Cordillera Central de Colombia, Municipios de Aranzazu, Salamina y Pácora. Departamento de Caldas: [INGEOMINAS] Instituto Colombiano de Geología y Minería;1979.
- Vivas I. Gestión integral del mercurio generado en centros de atención de salud vinculadas al convenio de producción limpia del DAMA y centros odontológicos en Bogotá [Tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle;2005.
- Wasserman E. Environment health and gender in Latin America: trends and research issues. *Environmental Research*;1999;80:253-273.
- Webster PC. Not all that glitters: mercury poisoning in Colombia. *The Lancet infectious diseases*;2012;379:1379-1380.
- Winchester L. El desarrollo sostenible de los asentamientos humanos en América Latina y el Caribe. *Medio ambiente y desarrollo*;2006;99:5-40.
- Wing S, Cole D, & Grant G. Environmental injustice in North Carolina's hog industry. *Environ Health Perspect*;2000;108:225-31.
- Wolff E. Entrada y circuito del mercurio en el ecosistema debido a la minería aurífera. Caso río surata, Santander, Colombia [Tesis]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander;2000.
- Wu AH, Dai XD, Blot W, Xu ZY, Dom XW, Xiaoe HP, et al. Lung cancer among women in north-east China. *British Journal of Cancer*;1990;62:982–987.

- Yepes DL, Gómez M, Zárate C, et al. Niveles de ruido y concentraciones de monóxido de carbono-CO- en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de Medellín. *POLITÉCNICA*;2008;72:19–32.
- Yepes U, Rodríguez L, Gómez Y, Olaya L, & Rodríguez S. Aislamientos de patógenos comunes asociados con enfermedad diarreica aguda en menores de cinco años, Bucaramanga, Colombia. *MedUNAB*;2010;12:74-79.
- Yu CH, Fan Z, McCandlish E, Stern AH, & Liroy PJ. Characterization of spatial impact of particles emitted from a cement material production facility on outdoor particle deposition in the surrounding community. *Journal of the Air & Waste Management Association*;2011;61:1015-1025.
- Zarante I, Franco L, Lopez C, et al. Frecuencia de malformaciones congénitas: evaluación y pronóstico de 52.744 nacimientos en tres ciudades colombianas. *Biomédica*;2010;30:65-71.
- Zerbock O. Urban Solid Waste Management: Waste Reduction in Developing Nations. School of Forest Resources & Environmental Science. Master's International Program, p. 23. 2003.



GACETA DEL CONGRESO

SENADO Y CÁMARA

(Artículo 36, Ley 5a. de 1992)
 IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA
 www.imprenta.gov.co

ISSN 0123 - 9066

AÑO XX - N° 156

Bogotá, D. C., martes, 5 de abril de 2011

EDICIÓN DE 4 PÁGINAS

DIRECTORES:

EMILIO RAMÓN OTERO DAJUD
 SECRETARIO GENERAL DEL SENADO
 www.secretariasenado.gov.co

JESÚS ALFONSO RODRÍGUEZ CAMARGO
 SECRETARIO GENERAL DE LA CÁMARA
 www.camara.gov.co

RAMA LEGISLATIVA DEL PODER PÚBLICO

CÁMARA DE REPRESENTANTES

PONENCIAS

INFORME DE PONENCIA PARA PRIMER DEBATE AL PROYECTO DE LEY NÚMERO 038 DE 2010 CÁMARA

por medio de la cual se establecen disposiciones para el uso de mercurio y otras sustancias tóxicas en los procesos industriales.

Doctor
 GUSTAVO AMADO LÓPEZ
 Secretario General
 Comisión Quinta Constitucional
 Cámara de Representantes
 Ciudad

Respetado doctor Amado:

De conformidad con la designación que nos fue hecha, nos permitimos rendir ponencia para primer debate al **Proyecto de ley número 038 de 2010 Cámara**, por medio de la cual se establecen disposiciones para el uso de mercurio y otras sustancias tóxicas en los procesos industriales, en los siguientes términos:

ANTECEDENTES

El Proyecto de ley número 038 de 2010, que hoy se pone a consideración de los honorables miembros de la Comisión Quinta de la Cámara, se publicó en la *Gaceta del Congreso* número 476 el 2 de agosto de 2010, fue presentado por el honorable Representante doctor Augusto Posada Sánchez.

DEL CONTENIDO DEL PROYECTO

El Proyecto de ley número 038 de 2010 Cámara, contiene nueve artículos.

MARCO CONCEPTUAL Y DESARROLLO DEL TEMA

El mercurio es una neurotoxina potente proveniente de un metal pesado que se produce de forma natural; es caprichoso y difícil de trabajar con él. A temperatura y presión ambientes, es un líquido blanco plateado que se evapora rápidamente. La forma más común de exposición humana a este metal se explica mediante dos vías:

a) La ocupacional, en la cual existe inhalación de vapor de mercurio inorgánico a partir de la quema de la amalgama o la fundición del oro; también se da por derrames, por manipulación en la venta o durante un proceso de fabricación de aparatos médicos o de utili-

zación en el proceso denominado de amalgamación en minería.

b) La ingestión de metil mercurio (MeHg) a través de la dieta alimenticia, especialmente el consumo de peces contaminados.

En minería, el mercurio es ampliamente usado por la minería pequeña y artesanal, el cual lo utiliza para la recuperación del oro, pero debido a la forma empleada, la mayor parte se vierte a los ríos; es así como el mercurio se transforma en metil mercurio al asentarse en medios acuáticos; la ingestión de este compuesto afecta al sistema nervioso, a los riñones y al hígado, generando trastornos mentales y daños en el sistema motor y reproductor, en el habla, la visión y el oído. Es especialmente preocupante porque impide el desarrollo neurológico de los fetos, lactantes y niños. Cuando una mujer consume pescados o mariscos que contienen mercurio, este se acumula en sus tejidos y tarda varios años en excretarse. Si durante este período queda embarazada, su feto estará expuesto al metil mercurio dentro del útero, lo que puede afectar negativamente el crecimiento de su cerebro y el sistema nervioso, comprobándose con el tiempo alteraciones en el pensamiento cognitivo, la memoria, la atención, el lenguaje, las habilidades motrices finas y espacios visuales en dichas criaturas.

Por su parte, en el sector médico, además de su uso en amalgamas, es ampliamente utilizado en aparatos médicos de medición de temperatura y de presión, por lo cual en un hospital grande pueden permanecer varios kilos de mercurio en instrumentos.

La falta de educación explica en gran medida los problemas de contaminación generados por el mercurio, ya que la falta de conciencia sobre las consecuencias en el ambiente y en los humanos, no permite racionalidad en su uso. La educación es un derecho fundamental y además genera libertad, ya que abre la posibilidad de conocer las consecuencias de los propios actos y de los impactos de las consecuencias de las actuaciones de terceros.

El problema del uso del mercurio ya ha sido identificado a nivel mundial y es así como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han declarado los efectos adversos de la contaminación con

como un grave problema mundial para la salud humana y para el medio ambiente. Se ha demostrado ampliamente que la ingesta puede generar daños respiratorios, en los riñones y en la función motora; su toxicidad es tan alta que incluso con niveles de exposición muy bajos puede provocar serios daños en el sistema nervioso. A lo anterior se suma la contaminación ambiental que genera en aguas, suelos, aire y el detrimento de la calidad de vida y además el desafío que imponen los crecientes mercados verdes y sostenibles para efecto de la comercialización de productos.

Por lo anterior, el Consejo de Administración del PNUMA se ha propuesto como meta prioritaria reducir la acumulación de metil mercurio a nivel mundial. Como esta iniciativa, existen otros tantos proyectos y programas a nivel mundial que actualmente trabajan a escalas locales, nacionales y mundiales para promover políticas y programas que almacenen definitivamente, reduzcan o eliminen el uso, comercio y emisiones, así como la exposición humana y de los ecosistemas al mismo.

En el marco de lo anterior, el presente proyecto de ley surge a partir de la necesidad de que en Colombia se tomen medidas ante el aumento de enfermedades ligadas al uso y manipulación del mercurio.

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

En el mundo existen aproximadamente cien millones de personas en más de 55 países, las cuales dependen de la minería artesanal de pequeña escala (MPE) para su subsistencia. La inmensa mayoría de estos países se sitúan en África, Asia y América Latina. Se estima que esta actividad es la responsable de la producción de 800 toneladas de oro anuales (30% de la producción de oro global anual). Esta operación involucra tanto mineros, como mujeres y niños, de forma directa o indirecta.

La minería artesanal se desarrolla utilizando métodos rudimentarios y tecnología casi obsoleta, y se realiza a menudo por mineros de poca capacidad económica. Así, muchas actividades de la MPE operan en un sector económico informal, ilegal y pobremente organizado.

Debido a la facilidad de manejo, precio y eficacia del método, el uso del mercurio en el proceso de beneficio es bastante común en la MPE de todo el mundo.

La subida en los precios del oro, el cual en marzo de 2001 se cotizaba US\$260/oz y a US\$1.000 en octubre de 2009, intensificó la demanda de mercurio para ser utilizado durante la extracción de oro. De permanecer esta tendencia de alza en los precios del oro, se prevé un consumo histórico de mercurio en todo el mundo.

La MPE utiliza actualmente cerca de 650 a 1.000 toneladas de mercurio por año; siendo la responsable de la tercera parte de la contaminación con mercurio en todo el globo, además de las severas enfermedades asociadas con el uso del mercurio.

La salud de las comunidades que viven río abajo de los sitios donde se realizan actividades mineras también se ve gravemente afectada por el uso indebido y excesivo de mercurio.

Se estima que cerca de 300 toneladas de mercurio anuales son inyectadas directamente a la atmósfera, mientras aproximadamente 700 toneladas de mercurio son descargadas anualmente en la tierra, ríos, lagos, y arroyos.

Ante esta problemática tan grave se hace necesario introducir iniciativas como el Proyecto de Mercurio Global (GMP) de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), lanzada en el 2002, con el apoyo financiero de Global Environment Facility (GEF), y que ha sido co-financiado por los

países afectados cuyo programa modelo, están Brasil, Indonesia, la República Democrática de Laos, Sudán, Tanzania y Zimbabwe.

Los objetivos principales del GMP son:

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Reducir la contaminación con mercurio en aguas internacionales, a causa de la MPE |
| <ul style="list-style-type: none"> • Introducir tecnologías más limpias para el beneficio del oro y entrenar a los mineros artesanales en su aplicación. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la capacidad y los mecanismos reguladores que permitirán al sector minimizar la contaminación con mercurio. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Introducir programas medioambientales y de salud en las regiones involucradas |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la capacidad de los laboratorios locales para evaluar la magnitud e impacto de la contaminación con mercurio. |

La meta primaria sigue siendo reducir el uso del mercurio, a través de la introducción de tecnologías para el beneficio del oro más limpias y llevando a cabo entrenamientos y campañas de capacitación a los mineros involucrados. También se pretende aconsejar los gobiernos y las instituciones locales y promover una regulación clara y fuerte para el comercio del mercurio.

Colombia es un país rico en recursos minerales como oro, carbón, platino, níquel, plata, caliza, piedras preciosas y semipreciosas, arcilla, y calcáreos; el sector minero es responsable por el 14% del producto doméstico interno bruto colombiano (PIB), siendo el oro y el carbón los dos minerales más importantes para el país, y los mineros artesanales son responsables del 70% de la producción del oro en Colombia.

Durante el 2005, la producción del oro en el país fue de 1.115.000 onzas y Antioquia fue el responsable de cerca del 60% de esta producción.

En regiones como Nordeste y Bajo-Cauca Antioqueño, Condoto, Istmina, Lloró y otras en Chocó, Sur de Bolívar, Llanadas y Sotomayor en Nariño, Vetas y California en Santander, la población depende económicamente de la minería en un 90%; el número de mineros artesanales en Colombia es de aproximadamente 220000 personas, labor realizada principalmente por los hombres, sin embargo, más de 10% de los obreros son mujeres y niños, y muchos de estos acompañan a sus madres mientras trabajan exponiéndose y hasta se involucran en algunas actividades mineras.

La MPE en Colombia es desarrollada de 3 maneras diferentes:

| | |
|------------------------|---|
| Minería aluvial | Desarrollada mediante dragas y retroexcavadoras que extraen y remueven el material de los lechos de los ríos y zonas aledañas a su producción, supera las 2 toneladas de oro por año. |
| Minería de veta | Desarrollada mediante la explotación de venas de cuarzo mineralizadas, las cuales son procesadas en sus propias plantas o en las de terceros. Llevando el material extraído en el túnel a las plantas para ser triturado por los "machuqueros" y posteriormente molidos en pequeños molinos de bola. El método utilizado en planta depende del tipo de la mina. |

| | |
|--------------------------------|---|
| Minería de subsistencia | Es la utilización de pequeñas cacerolas transportables, cohetes y acequias, sin restricciones legales para trabajar en los ríos y llanuras aluviales cercanas, normalmente estos “barequeros” trabajan en cercanía de otros proyectos mineros de mayor envergadura, en algunos lugares el número de mujeres asociado con esta práctica excede el número de hombres. |
|--------------------------------|---|

Estudios dirigidos por la Gobernación de Antioquia en los municipios de Segovia y Remedios, en el Nordeste del departamento, encontraron una concentración del mercurio de aproximadamente $340 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el aire (300 veces superior que la pauta de Organizaciones de Salud Mundial para la exposición pública máxima al vapor del mercurio). El Cianuro también es utilizado y arrojado en los sistemas acuáticos luego de ser utilizado en el beneficio del oro. Aproximadamente 26 a 6,118 ppm de Hg es vertido en los ríos por mineros de la región. Esto propone un riesgo significativo a la salud de las personas que residen en el área.

Adicionalmente, el alimento principal de estas comunidades es el pescado el cual ha demostrado ser afectado por la emisión del mercurio. Estudios complementados por Corantioquia, la Universidad de Antioquia y la Universidad de Cartagena, han revelado una concentración encima de $1.06 \mu\text{g Hg}/\text{g}$ en la mayoría de las especies encontradas en los ríos del área circundante.

La situación es delicada en cuanto a que los efectos del mercurio en la salud humana presentan efectos directos e indirectos, tales como:

Directos:

- a) Deterioro de la salud de las comunidades (esterilidad, malformaciones genéticas, etc.);
- b) Contaminación de los recursos naturales (aire, tierra, agua, flora y fauna);
- c) Bajos niveles de recuperación de oro durante el proceso de beneficio;
- d) Aumento de los costos de beneficio y fundición.

Indirectos:

- a) Disminución de la calidad de vida en los municipios productores;
- b) Imagen negativa para la actividad minera;
- c) Impacto socioeconómico negativo para empresas y familias involucradas en la problemática.

A los anteriores efectos, se encuentran a su vez asociadas causas directas e indirectas, como se explica a continuación:

Directas:

- a) Desconocimiento de técnicas de beneficio del oro eficientes;
- b) Deficiente capacidad tecnológica en los entables mineros;
- c) Arraigo cultural sobre técnicas de beneficio ineficientes;
- d) Bajos precios y fácil comercialización del mercurio.

Indirectas:

- a) Desconocimiento de perjuicios a la salud ocasionados por el manejo del mercurio;

b) Ausencia de responsabilidad con el cuidado del cuerpo;

c) Carencia de políticas gubernamentales para la prohibición del mercurio.

Situación existente

Las comunidades mineras se dedican en su mayoría a la minería del oro en pequeñas unidades productivas de socavón, con poca o ninguna mecanización en la mayoría de los casos, sin orientación geológica ni planeamiento minero y con beneficio de mineral rudimentario que no respeta el medio ambiente. Estas condiciones de trabajo elevan la contaminación con mercurio producida durante el proceso de beneficio, deteriora la salud de los habitantes de la región y la calidad de los recursos naturales, al mismo tiempo que eleva los costos de la operación, disminuyendo así los ingresos y con ello las regalías percibidas.

De acuerdo al último censo realizado por el Sisbén en las zonas mineras, el nivel de escolaridad de la población minera alcanza un promedio del 70% en básica primaria, aunque se presentan niveles de analfabetismo que son similares a los del resto de la población rural campesina del país, 15%; también se encuentran personas con grados de escolaridad más elevados (básica secundaria, media vocacional y superior). Esta situación aumenta el grado de vulnerabilidad de estas comunidades frente al proceso de desarrollo productivo desordenado, sin ningún tipo de cuidado con el medio ambiente y la salud de los habitantes.

La población en su mayor parte se dedica a la minería de oro artesanal y semiartesanal, las otras alternativas de trabajo, agricultura, ganadería y tala de maderas, también son de baja productividad, adelantadas por lo general en suelos pobres y con mano de obra no calificada.

La organización y productividad del trabajo es poca y en la mayoría de las explotaciones se realizan de manera ilegal, de esto se desprenden altos índices de enfermedades por contaminación con mercurio, pobreza, analfabetismo, desnutrición, insalubridad y alto desempleo particularmente femenino.

La población que se vería beneficiada de este proyecto enfrenta un bajo nivel de calidad de vida, por los recursos insuficientes: la baja cobertura y calidad en la prestación de los servicios de salud, servicios públicos y educación, las insuficientes actividades productivas para generar empleo sostenible y por la deserción forzada de los inversionistas de las subregiones. Dentro de esta problemática se resaltan los deficientes medios de comunicación y transporte, así como también la presencia de grupos armados ilegales, tales como guerrilla, autodefensas, delincuencia organizada y narcotráfico.

Colombia, similar que el resto de países no desarrollados, carece de normativa que regule el uso, manipulación y comercialización del mercurio y también de controles a las emisiones al ambiente; aspecto que genera mayor exposición a su contaminación. Este problema a su vez se ve aumentado por la falta de protocolos, causando graves problemas, tan es así, que cuando ocurren derrames, los daños generados son de mayor magnitud e impacto que si ocurriera en un país en el cual el tema ya ha sido trabajado.

Por su parte, la escasa información sobre el mercurio que existe en Colombia, hace prioritario elaborar un inventario de emisiones de mercurio y la creación de un registro de emisiones y transferencia de contaminantes.

Desarrollar esta idea será un poco difícil por los pocos profesionales que manejan el tema, la escasa línea base investigativa y poca coordinación entre los organismos que tienen que ver con el tema, barreras que de-

ben ser subsanadas buscando aprender de experiencias en países que vayan adelante en este tema.

Lo anterior significa claramente, que para que Colombia pueda acogerse a las políticas internacionales establecidas para el tema de reducción de mercurio y además entre a solucionar su problemática en esta materia, se debe empezar por acelerar la formulación de la normativa que respalde el tema y asignar la institucionalidad en materia de salud y ambiental, para desarrollar la política que se establezca para este tema; en dicho sentido, es necesario empezar por reglamentar el uso del mercurio en estos dos sectores, sin desconocer la importancia de evaluar y tomar medidas en otras fuentes que pueden tener alta significancia como son las emisiones de las centrales eléctricas alimentadas a carbón, las plantas de cloro-soda que funcionan con celdas de mercurio y la disposición de pilas.

Por su parte, el mercurio se encuentra en numerosos dispositivos de uso médico, como puede apreciarse en termómetros, tensiómetros y dilatadores esofágicos; también se encuentra en lámparas fluorescentes; en las amalgamas dentales; en numerosos compuestos químicos y en dispositivos de medición de uso en laboratorios médicos. Ante el derrame, rompimiento o eliminación inapropiada de alguno de estos dispositivos se genera la posibilidad de provocar daños a la salud y al ambiente; lo anterior explica la importancia del sector de la salud en el tema de la reducción del mercurio, ya que el mismo no sólo constituye una de las principales fuentes de demanda de mercurio y emisiones globales, sino porque pueden actuar como voceros en el tema de creación de conciencia en los efectos de su manipulación.

PROPOSICIÓN

De conformidad a las motivaciones anteriormente expuestas, solicitamos a los honorables miembros de la Comisión Quinta de la Cámara dar primer debate al **Proyecto de ley número 038 de 2010 Cámara**, por medio de la cual se establecen disposiciones para el uso de mercurio y otras sustancias tóxicas en los procesos industriales, sin modificaciones al texto propuesto por el autor.


JUAN DIEGO GOMEZ JIMENEZ
COORDINADOR

ADOLFO LEON RENGIFO SANTIBAÑEZ
PONENTE

TEXTO PROPUESTO PARA PRIMER DEBATE AL PROYECTO DE LEY NÚMERO 038 DE 2010

por medio de la cual se establecen disposiciones para el uso de mercurio y otras sustancias tóxicas en los procesos industriales.

Artículo 1°. *Objeto.* A efectos de garantizar la preservación de los recursos naturales, con énfasis en la protección de la salud humana, del recurso hídrico, la biodiversidad, el ambiente y la calidad de vida de todos los habitantes, reglámenese en todo el territorio nacional el uso, comercialización, manipulación y emisión al ambiente de mercurio en los procesos industriales, cualquiera que ellos sean, con énfasis en la medicina y la minería.

Artículo 2°. Colombia se suscribirá a los acuerdos y programas internacionales que busquen la erradicación del mercurio y de sustancias tóxicas en procesos industriales, que sean adelantados por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUFI); el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); la Organización

Mundial de la Salud (OMS); la Asociación Médica Mundial, y las demás internacionalmente reconocidas, con el fin de aprovechar la experiencia, la asesoría, la capacitación, la tecnología, los recursos humanos, financieros y técnicos, para dicha erradicación.

Artículo 3°. Créase el Registro de Fuentes de Mercurio, a cargo del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual deberá ser diligenciado por todas las personas naturales y/o jurídicas que usen, comercialicen, o emitan al ambiente mercurio u otras sustancias tóxicas en procesos industriales.

Parágrafo 1°. La implementación de este registro se hará en un plazo no mayor a un (1) año a partir de la expedición de la presente ley.

Parágrafo 2°. A partir de la implementación del Registro, las personas naturales y jurídicas que incumplan con esta obligación serán sancionadas, el gobierno regulará la materia.

Artículo 4°. El Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, con el apoyo de los Ministerios de la Protección Social y de Minas y Energía, implementarán estrategias y medidas que permitan cumplir la meta recomendada por el Proyecto Global Mercurio de ONUFI, de reducir el uso de mercurio en un 50% para el 2012, respecto a las cifras de 2005 para la minería artesanal y de pequeña escala y fijar una meta del 80% en el mismo periodo para el sector salud, meta de reducción que será modificada de acuerdo a las conclusiones emitidas por organismos internacionales, según las revisiones elaboradas por los mismos.

Artículo 5°. El Gobierno Nacional a través del Departamento de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), en coordinación con el Instituto Nacional de Salud velarán por que el mercurio, los productos que lo contengan, que lo utilizan, y que han sido restringidos por otros Estados, no sean importados y/o implementados en el territorio nacional.

Artículo 6°. El Gobierno Nacional, a través de los ministerios Minas y Energía, Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de la Protección Social, el Instituto Nacional de Salud, y el Ingeominas, y las demás autoridades ambientales, con cargo a los recursos del Fondo Nacional de Regalías y demás fuentes de las que se disponga, diseñarán e implementarán mecanismos para la fiscalización, capacitación, divulgación y transferencia de tecnologías limpias que propendan por la reducción del uso de mercurio.

Artículo 7°. *Restricción.* Solo podrán manipular, usar y emplear el mercurio, técnicos o profesionales debidamente certificados por organismos o autoridad competente en el uso del mercurio. El Ministerio de Protección Social reglamentará tales disposiciones.

Artículo 8°. El Gobierno Nacional, a través de los Ministerios de la Protección Social, y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y el Ministerio de Minas y Energía diseñarán, coordinarán, y ejecutarán las medidas complementarias que se requieran para la implementación de esta ley.

Artículo 9°. *Vigencia.* La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el **Diario Oficial**.

Cordialmente,


JUAN DIEGO GOMEZ JIMENEZ
COORDINADOR

ADOLFO LEON RENGIFO SANTIBAÑEZ
PONENTE



GACETA DEL CONGRESO

SENADO Y CÁMARA

(Artículo 36, Ley 5a. de 1992)
 IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA
 www.imprenta.gov.co

ISSN 0123 - 9066

AÑO XXI - N° 473

Bogotá, D. C., viernes, 27 de julio de 2012

EDICIÓN DE 36 PÁGINAS

DIRECTORES:

SAÚL CRUZ BONILLA
 SECRETARIO GENERAL DEL SENADO (e)
 www.secretariasenado.gov.co

JESÚS ALFONSO RODRÍGUEZ CAMARGO
 SECRETARIO GENERAL DE LA CÁMARA
 www.camara.gov.co

RAMA LEGISLATIVA DEL PODER PÚBLICO

CÁMARA DE REPRESENTANTES

PROYECTOS DE LEY

PROYECTO DE LEY NÚMERO 036 DE 2012 CÁMARA

por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en los procesos productivos y se fijan incentivos para su erradicación gradual y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de Colombia

DECRETA:

Artículo 1°. *Objeto.* A efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y garantizar la preservación de los recursos naturales renovables, en relación a la importancia del recurso hídrico, reglámente en todo el territorio nacional el uso, importación, producción, comercialización, manipulación, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente de mercurio en los procesos productivos, cualquiera que ellos sean.

Artículo 2°. *Acuerdos internacionales.* Colombia adoptará una política en materia ambiental de erradicación gradual del uso del mercurio en procesos productivos, para lo cual podrá suscribir acuerdos y programas internacionales con organismos internacionalmente reconocidos, con el fin de aprovechar la experiencia, la asesoría, la capacitación, la tecnología, los recursos humanos, financieros y técnicos, para dicha erradicación.

Artículo 3°. *Período de transición.* El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el apoyo de las entidades del Gobierno Nacional competentes, implementará estrategias y medidas que permitan erradicar gradualmente el uso del mercurio en los procesos productivos y propender porque esta erradicación se dé en un período de diez (10) años, contados a partir de la promulgación de la presente ley.

Las entidades del Gobierno Nacional, de acuerdo con sus competencias, adelantarán los estudios y

las reglamentaciones pertinentes, en todo caso, en armonía con los compromisos que adquiriera el país como consecuencia de la suscripción de los acuerdos internacionales relacionados con el tema.

Artículo 4°. *Registro.* Crease el Registro de Fuentes de Mercurio, a cargo del Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual deberá ser diligenciado por todas las personas naturales y/o jurídicas que usen en sus procesos productivos, comercialicen, o emitan al ambiente mercurio.

Parágrafo 1°. La implementación de este registro se hará en un plazo no mayor a un (1) año a partir de la expedición de la presente ley.

Parágrafo 2°. A partir de la implementación del Registro, las personas naturales y jurídicas que incumplan con esta obligación serán sancionadas, el Gobierno regulará la materia.

Artículo 5°. *Seguimiento y control.* El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), coordinará con el Ministerio de Salud y Protección Social y demás entidades competentes, establecerán estrategias de seguimiento y control al uso, comercialización y restricción de las importaciones de mercurio y los productos y tecnologías que lo usen y definirán las medidas para la creación de un Registro Único Nacional de importadores comercializadores y usuarios autorizados, teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 3° de la presente ley.

Artículo 6°. *Tecnologías Limpias.* En el periodo de 10 años propuesto en el artículo 4° de esta ley, los Ministerios de Minas y Energía, Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colciencias y demás entidades del Gobierno Nacional, adelantarán un plan de fortalecimiento, de investigación, desarrollo e implementación de tecnologías limpias, para alcanzar la

meta propuesta de eliminación gradual del uso del mercurio en los procesos productivos, de beneficio y de reconversión tecnológica.

Artículo 7°. *Alternativas limpias.* El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, “Colciencias”, recopilará y consolidará el inventario nacional sobre investigaciones alrededor del uso del mercurio. Con base en el inventario realizado diseñará el Programa Nacional de Alternativas Limpias para la utilización segura del mercurio y la sustitución y eliminación progresiva de este metal. El Ministerio de Educación y el Sena en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía realizarán programas de capacitación, sobre la inserción de las tecnologías limpias en los procesos productivos que requieren de la utilización del mercurio para la obtención de producto final. Estos programas se destinarán a la población en general, con el fin de informar respecto de los riesgos y afectaciones a la salud humana y al medio ambiente por la exposición al mercurio.

Artículo 8°. *Reglamentación.* Los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Minas y Energía, Salud y el Ministerio de Salud y Protección Social, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo con el apoyo de la Superintendencia de Industria y Comercio, la DIAN, el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, Invima, y demás entidades con competencia en el tema, deberán elaborar un Reglamento Técnico, en el término de un año, una vez finalizado el diagnóstico de que trata el artículo 4°, para establecer las actividades relacionadas con el mercurio de acuerdo a los siguientes procedimientos:

1. La trazabilidad, apoyado en el Registro de Fuentes de Mercurio.
2. Reglamentación del uso del mercurio en todas las actividades productivas determinando el manejo, control y seguimiento que se le debe dar a la sustancia.
3. Transporte.
4. Almacenamiento.
5. Comercialización.
6. Etiquetado.
7. Disposición final.

Artículo 9°. *Prohibición nuevas plantas.* Se prohíbe la ubicación de nuevas plantas de beneficio de oro que usen mercurio y las quemadas de amalgama, en zonas residenciales, comerciales y/o zonas de planteles educativos. Las autoridades ambientales regionales deberán exigir el cumplimiento de todos los requisitos de emisiones y vertimientos para este tipo de establecimientos, de acuerdo con las normas existentes y aquellas que las complementen.

Artículo 10. *Incentivos para la minería.* A fin de lograr la reducción y posterior eliminación del mercurio en el beneficio del mineral de oro, se adelantarán los siguientes programas de incentivos:

1. Ofrecer por una única vez, y en un período de cinco (5) años contados a partir de la promulgación de la presente ley, créditos blandos, a través del

Banco Agrario u otra agencia del estado especializada, a los dueños de los entables (plantas artesanales de beneficio de oro), para que hagan un cambio completo de tecnología en el beneficio del oro.

2. Ofrecer créditos a los mineros de pequeña escala del oro, a través del Banco Agrario u otra agencia del estado especializada, hasta el monto \$200.000.000 como mínimo entre 10 deudores o más, para el montaje de plantas de beneficio limpias.

3. El Gobierno Nacional formulará e implementará una estrategia de mercado justo con la participación de entidades privadas que certifiquen el oro de dichos entables, o de las explotaciones que hayan hecho cambio de tecnología, como “oro libre de mercurio”.

4. Exención de aranceles a importación de equipos, que coadyuven a la erradicación del mercurio en los procesos productivos.

Artículo 11. *Vigencia.* La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el *Diario Oficial*.

Atentamente,

Augusto Posada Sánchez,

Representante a la Cámara por Antioquia,

Simón Gaviria Muñoz,

Representante a la Cámara por Bogotá,

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

El mercurio es una neurotoxina potente proveniente de un metal que se produce de forma natural; es caprichoso y difícil de trabajar con él. A temperatura y presión ambientes, es un líquido blanco plateado que se evapora rápidamente. La forma más común de exposición humana a este metal se presenta dos vías: a) La primera por su uso en la industria, en la cual existe inhalación de vapor de mercurio inorgánico a partir de la quema de la amalgama o la fundición del oro; también se da por derrames, por manipulación en la venta o durante un proceso de fabricación de aparatos médicos o de utilización en el proceso denominado de amalgamación en minería. b) La ingesta de metil mercurio (MeHg) a través de la dieta alimenticia, especialmente el consumo de peces contaminados.

El mercurio es ampliamente usado por la minería pequeña y artesanal, en la cual se utiliza para la recuperación del oro, pero debido a su uso inadecuado, la mayor parte se vierte a los ríos; es así como el mercurio se transforma en metil mercurio al asentarse en medios acuáticos; la ingestión de este compuesto afecta al sistema nervioso, a los riñones y al hígado, generando trastornos mentales y daños en el sistema motor, y reproductor, en el habla, la visión y el oído. Es especialmente preocupante porque impide el desarrollo neurológico de los fetos, lactantes y niños. Cuando una mujer consume pescados o mariscos que contienen mercurio, este se acumula en sus tejidos y tarda varios años en excretarse. Si durante este período queda embarazada, su feto estará expuesto al metil mercurio dentro del útero, lo que puede afectar negativamente el

crecimiento de su cerebro y el sistema nervioso, comprobándose con el tiempo alteraciones en el pensamiento cognitivo, la memoria, la atención, el lenguaje las habilidades motrices finas y espacios visuales en dichas criaturas.

Por su parte, en el sector médico, además de su uso en amalgamas, es ampliamente utilizado en aparatos médicos de medición de temperatura y de presión, por lo cual en un hospital grande pueden permanecer varios kilos de mercurio en instrumentos. La falta de educación explica en gran medida los problemas de contaminación generados por el mercurio, ya que no se tiene conciencia sobre las consecuencias en el ambiente ni la afectación en seres humanos, no permite racionalidad en su uso. La educación es un derecho fundamental que permite determinar las consecuencias de nuestro propio actuar y el de terceros en el uso de un metal tan peligroso como el mercurio.

El problema del uso del mercurio ya ha sido identificado a nivel mundial y es así como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han declarado los efectos adversos de la contaminación con como un grave problema mundial para la salud humana y para el medio ambiente. Se ha demostrado ampliamente que la ingesta puede generar daños respiratorios, en los riñones y en la función motora; su toxicidad es tan alta que incluso con niveles de exposición muy bajos puede provocar serios daños en el sistema nervioso. A lo anterior se suma la contaminación ambiental que genera en aguas, suelos, aire y el detrimento de la calidad de vida y además el desafío que imponen los crecientes mercados verdes y sostenibles para efecto de la comercialización de productos.

Por lo anterior, el Consejo de Administración del PNUMA se ha propuesto como meta prioritaria reducir la acumulación de metil mercurio a nivel mundial. Como esta iniciativa, existen otros tantos proyectos y programas a nivel mundial que actualmente trabajan a escalas locales, nacionales y mundiales para promover políticas y programas que almacenen definitivamente, reduzcan o eliminen el uso, comercio y emisiones, así como la exposición humana y de los ecosistemas al mismo.

En el marco de lo anterior, el presente proyecto de ley surge a partir de la necesidad de que en Colombia se tomen medidas ante el aumento de enfermedades ligadas al uso y manipulación del mercurio.

ANTECEDENTES PROYECTO

Este proyecto está precedido por el **Proyecto de ley 038 de 2010 Cámara y 185 de 2011 Senado**, archivado de acuerdo al artículo 190 de la Ley 5 de 1992 el 20 de junio del 2012.

Este proyecto fue radicado el 29 de julio del 2010 y publicado en la *Gaceta del Congreso* 476 del 2010, tuvo su primer debate en la Comisión Quinta de la Cámara de Representantes el 4 de mayo de 2011 y publicado en la *Gaceta del Congreso* 888 de 2011. Su segundo debate en la Plenaria de la Cáma-

ra de Representante se llevó a cabo el 5 de diciembre del 2011 y publicado en la *Gaceta del Congreso* 1014 de 2011. Fue debatido en la Comisión Quinta del Senado el 12 de junio del 2012 y publicado en la *Gaceta del Congreso* 367 de 2012. No surte el último debate en la Plenaria del Senado razón por la cual se archiva.

ANTECEDENTES GENERALES

En el mundo existen aproximadamente cien millones de personas en más de 55 países, quienes dependen de la Minería artesanal de Pequeña Escala (MPE) para su subsistencia. La inmensa mayoría de estos países se sitúan en África, Asia, y América Latina. Se estima que esta actividad es la responsable de la producción de 800 toneladas de oro anuales (30% de la producción de oro global anual). Esta operación involucra tanto mineros, como mujeres y niños, de forma directa o indirecta.

La minería artesanal se desarrolla utilizando métodos rudimentarios y tecnología casi obsoleta, y se realiza a menudo por mineros de poca capacidad económica. Así, muchas actividades de la MPE operan en un sector económico informal, ilegal y pobremente organizado.

Debido a la facilidad de manejo, precio y eficacia del método, el uso del mercurio en el proceso de beneficio es bastante común en la MPE de todo el mundo.

La subida en los precios del oro, el cual en marzo de 2001 se cotizaba US\$260/oz y a US\$1.000 en octubre de 2009, intensificó la demanda de mercurio para ser utilizado durante la extracción de oro. De permanecer esta tendencia de alza en los precios del oro, se prevé un consumo histórico de mercurio en todo el mundo.

La MPE utiliza actualmente cerca de 650 a 1.000 toneladas de mercurio por año; siendo la responsable de la tercera parte de la contaminación con mercurio en todo el globo, además de las severas enfermedades asociadas con el uso del mercurio.

La salud de las comunidades que viven río abajo de los sitios donde se realizan actividades mineras también se ve gravemente afectada por el uso indebido y excesivo de mercurio.

Se estima que cerca de 300 toneladas de mercurio anuales son inyectadas directamente a la atmósfera, mientras aproximadamente 700 toneladas de mercurio son descargadas anualmente en la tierra, ríos, lagos, y arroyos.

Ante esta problemática tan grave se hace necesario introducir iniciativas como el Proyecto de Mercurio Global (GMP) de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), lanzada en el 2002, con el apoyo financiero de Global Environment Facility (GEF), y que ha sido cofinanciado por los países afectados cuyo programa modelo, esta en Brasil, Indonesia, la República Democrática de Laos, Sudán, Tanzania y Zimbabwe.

Los objetivos principales del GMP son:

01. Reducir la contaminación con mercurio en aguas internacionales, a causa de la MPE.

02. Introducir tecnologías más limpias para el beneficio del oro y entrenar a los mineros artesanales en su aplicación.

03. Desarrollar la capacidad y los mecanismos reguladores que permitirán al sector minimizar la contaminación con mercurio.

04. Introducir programas medioambientales y de salud en las regiones involucradas.

05. Mejorar la capacidad de los laboratorios locales para evaluar la magnitud e impacto de la contaminación con mercurio.

La meta primaria sigue siendo reducir el uso del mercurio, a través de la introducción de tecnologías para el beneficio del oro más limpias y llevando a cabo entrenamientos y campañas de capacitación a los mineros involucrados. También se pretende aconsejar los gobiernos y las instituciones locales y promover una regulación clara y fuerte para el comercio del mercurio.

Colombia es un país rico en recursos minerales como oro, carbón, platino, níquel, plata, caliza, piedras preciosas y semipreciosas, arcilla, y calcáreos; el sector minero es responsable por del 14% del Producto doméstico Interno Bruto colombiano (PIB), siendo el oro y el carbón los dos minerales más importantes para el país, y los mineros artesanales son responsables del 70% de la producción del oro en Colombia.

Durante el 2005, la producción del oro en el país fue de 1.115.000 Onz. y Antioquia fue el responsable de cerca del 60% de esta producción.

En regiones como Nordeste y Bajo-Cauca Antioqueño, Condoto, Istmina, Lloró y otras en Chocó, Sur de Bolívar, Llanadas y Sotomayor en Nariño, Vetas y California en Santander, la población depende económicamente de la minería en un 90%; el número de mineros artesanales en Colombia es de aproximadamente 220,000 personas, labor realizada principalmente por los hombres, sin embargo, más de 10% de los obreros son mujeres y niños, y muchos de estos acompañan a sus madres mientras trabajan y exponiéndose y hasta involucran en algunas actividades mineras.

La MPE en Colombia es desarrollada de 3 maneras diferentes:

1. Minería aluvial: Desarrollada mediante dragas y retroexcavadoras que extraen y remueven el material de los lechos de los ríos y zonas aledañas su producción supera las 2 toneladas de oro por año.

2. Minería de veta: Desarrollada mediante la explotación de venas de cuarzo mineralizadas, las cuales son procesadas en sus propias plantas o en las de terceros. Llevando el material extraído en el túnel a las plantas para ser triturado por los “machuqueros” y posteriormente molidos en pequeños molinos de bola. El método utilizado en planta depende del tipo de la mina.

3. Minería de subsistencia: Es la utilización de pequeñas cacerolas transportables, cohetes y acequias, sin restricciones legales para trabajar en los ríos y llanuras aluviales cercanas, normalmente estos “barequeros” trabajan en cercanía de otros pro-

yectos mineros de mayor envergadura, en algunos lugares el número de mujeres asociado con esta práctica excede el número de hombres.

Estudios dirigidos por la Gobernación de Antioquia en los municipios de Segovia y Remedios, en el Nordeste del departamento, encontraron una concentración del mercurio de aproximadamente 340 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el aire (300 veces superior que la pauta de Organizaciones de Salud Mundial para la exposición pública máxima al vapor del mercurio). El Cianuro también es utilizado y arrojado en los sistemas acuáticos luego de ser utilizado en el beneficio del oro. Aproximadamente 26 a 6,118 ppm de Hg es vertido en los ríos por mineros de la región. Esto propone un riesgo significativo a la salud de las personas que residen en el área.

Adicionalmente, el alimento principal de estas comunidades es el pescado el cual ha demostrado ser afectado por la emisión del mercurio. Estudios completados por Corantioquia, la Universidad de Antioquia y la Universidad de Cartagena, han revelado una concentración encima de 1.06 $\mu\text{g Hg}/\text{g}$ en la mayoría de las especies encontrado en los ríos del área circundante.

La situación es delicada en cuanto a que los efectos del mercurio en la salud humana presentan efectos directos e indirectos, tales como:

Directos: a) Deterioro de la salud de las comunidades (esterilidad, malformaciones genéticas, etc); b) Contaminación de los recursos naturales (aire, tierra, agua, flora y fauna); c) Bajos niveles de recuperación de oro durante el proceso de beneficio; d) Aumento de los costos de beneficio y fundición.

Indirectos: a) Disminución de la calidad de vida en los municipios productores. b) Imagen negativa para la actividad minera. c) Impacto socioeconómico negativo para empresas y familias involucradas en la problemática.

A los anteriores efectos, se encuentran a su vez asociadas causas directas e indirectas, como se explica a continuación:

Directas: a) Desconocimiento de técnicas de beneficio del oro eficientes; b) Deficiente capacidad tecnológica en los entables mineros. c) Arraigo cultural sobre técnicas de beneficio ineficientes. d) Bajos precios y fácil comercialización del mercurio.

Indirectas: a) Desconocimiento de perjuicios a la salud ocasionados por el manejo del mercurio. b) Ausencia de responsabilidad con el cuidado del cuerpo. c) Carencia de políticas gubernamentales para la prohibición del mercurio.

Situación existente

Las comunidades mineras se dedican en su mayoría a la minería del oro en pequeñas unidades productivas de socavón, con poca o ninguna mecanización en la mayoría de los casos, sin orientación geológica ni planeamiento minero y con beneficio de mineral rudimentario que no respeta el medio ambiente. Estas condiciones de trabajo elevan la contaminación con mercurio producida durante el proceso de beneficio, deteriorara la salud de los habitantes de la región y la calidad de los recursos na-

turales, al mismo tiempo que eleva los costos de la operación, disminuyendo así los ingresos y con ello las regalías percibidas.

De acuerdo al último censo realizado por el Sisen en las zonas mineras, el nivel de escolaridad de la población minera alcanza un promedio del 70% en básica primaria, aunque se presentan niveles de analfabetismo que son similares a los del resto de la población rural campesina del país, 15%; también se encuentran personas con grados de escolaridad más elevados (básica secundaria, media vocacional y superior). Esta situación aumenta el grado de vulnerabilidad de estas comunidades frente a proceso de desarrollo productivo desordenado, sin ningún tipo de cuidado con el medio ambiente y la salud de los habitantes.

La población en su mayor parte se dedica a la minería de oro artesanal y semiartesanal, las otras alternativas de trabajo, agricultura, ganadería y tala de maderas, también son de baja productividad, adelantadas por lo general en suelos pobres y con mano de obra no calificada.

La organización y productividad del trabajo es poca y en la mayoría de las explotaciones se realizan de manera ilegal, de esto se desprenden altos índices de enfermedades por contaminación con mercurio, pobreza, analfabetismo, desnutrición, insalubridad y alto desempleo particularmente femenino.

La población que se vería beneficiada de este proyecto enfrenta un bajo nivel de calidad de vida, por los recursos insuficientes: la baja cobertura y calidad en la prestación de los servicios de salud, servicios públicos y educación, las insuficientes actividades productivas para generar empleo sostenible y por la deserción forzada de los inversionistas de las subregiones. Dentro de esta problemática se resaltan los deficientes medios de comunicación y transporte, así como también la presencia de grupos armados ilegales, tales como guerrilla, autodefensas, delincuencia organizada y narcotráfico.

Colombia, similar que el resto de países no desarrollados, carece de normativa que regule el uso, manipulación y comercialización del mercurio y también de controles a las emisiones al ambiente; aspecto que genera mayor exposición a su contaminación. Este problema a su vez se ve aumentado por la falta de protocolos, causando graves problemas, tan es así, que cuando ocurren derrames, los daños generados son de mayor magnitud e impacto que si ocurriera en un país en el cual el tema ya ha sido trabajado.

Por su parte, la escasa información sobre el mercurio que existe en Colombia, hace prioritario elaborar un inventario de emisiones de mercurio y la creación de un registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Desarrollar esta idea será un poco difícil por los pocos profesionales que manejen el tema, la escasa línea base investigativa y poca coordinación entre los organismos que tienen que ver con el tema, barreras que deben ser subsanadas buscando aprender de experiencias en países que vayan adelante en este tema.

Lo anterior significa claramente, que para que Colombia pueda acogerse a las políticas internacionales establecidas para el tema de reducción de mercurio y además entre a solucionar su problemática

en esta materia, se debe empezar por acelerar la formulación de la normativa que respalde el tema y asignar la institucionalidad en materia de salud y ambiental, para desarrollar la política que se establezca para este tema; en dicho sentido, es necesario empezar por reglamentar el uso del mercurio en estos dos sectores, sin desconocer la importancia de evaluar y tomar medidas en otras fuentes que pueden tener alta significancia como son las emisiones de las centrales eléctricas alimentadas a carbón, las plantas de cloro-soda que funcionan con celdas de mercurio y la disposición de pilas.

Por su parte, el mercurio se encuentra en numerosos dispositivos de uso médico, como puede apreciarse en termómetros, tensiómetros y dilatadores esofágicos; también se encuentra en lámparas fluorescentes; en las amalgamas dentales; en numerosos compuestos químicos y en dispositivos de medición de uso en laboratorios médicos. Ante el derrame, rompimiento o eliminación inapropiada de alguno de estos dispositivos se genera la posibilidad de provocar daños a la salud y el ambiente; lo anterior explica la importancia del sector de la salud en el tema de la reducción del mercurio, ya que el mismo no sólo constituye una de las principales fuentes de demanda de mercurio y emisiones globales, sino porque pueden actuar como voceros en el tema de creación de conciencia en los efectos de su manipulación.

Por todas estas consideraciones someto a consideración del Honorable Congreso de la Republica el presente proyecto de ley.

Cordial Saludo,

Augusto Posada Sánchez,

Representante a la Cámara por Antioquia,

Simón Gaviria Muñoz,

Representante a la Cámara por Bogotá,

CÁMARA DE REPRESENTANTES

SECRETARÍA GENERAL

El día 25 de julio del año 2012 ha sido presentado en este despacho el Proyecto de ley número 036, con su correspondiente exposición de motivos, por los honorables Representantes Augusto Posada Sánchez y Simón Gaviria Muñoz.

El Secretario General,

Jesús Alfonso Rodríguez Camargo.

* * *

PROYECTO DE LEY NÚMERO 037 DE 2012
CÁMARA

por la cual se modifican algunos artículos de las Leyes 599 de 2000, 906 de 2004 y se adoptan medidas para garantizar el acceso a la justicia de las víctimas de violencia sexual, en especial la violencia sexual con ocasión al conflicto armado, y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de Colombia

DECRETA

CAPÍTULO I

Disposiciones Generales

Artículo 1°. *Objeto de la ley.* La presente ley tiene por objeto la adopción de medidas para garan-

tizar el derecho de acceso a la justicia de las víctimas de violencia sexual, en especial de la violencia sexual asociada al conflicto armado interno. Estas medidas buscan atender de manera prioritaria las necesidades de las mujeres, niñas, niños y adolescentes víctimas.

Artículo 2°. *Violencia sexual*. La violencia sexual es toda acción u omisión contra la libertad sexual, la autonomía sexual, la integridad sexual y la formación sexual. Es una grave violación de los derechos humanos y en particular de los derechos humanos de las mujeres, niñas, niños y adolescentes.

De acuerdo con las circunstancias en que ocurren los hechos que constituyen la violencia sexual, pueden constituirse en un acto de genocidio, un crimen de guerra, o un crimen de lesa humanidad.

CAPÍTULO II

De los tipos penales

Artículo 3°. Modifíquese el artículo 141 de la Ley 599 de 2000 en los siguientes términos:

Artículo 141. *Prostitución forzada en persona protegida*. El que, con ocasión del conflicto armado, obligue a persona protegida a prestar servicios sexuales, por medio de la violencia, incurrirá en prisión de ciento sesenta (160) a trescientos veinticuatro (324) meses y multa de seiscientos sesenta y seis punto sesenta y seis (666.66) a mil quinientos (1.500) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Artículo 4°. Adiciónese el artículo 141A a la Ley 599 de 2000 en los siguientes términos:

Artículo 141 A. *Esclavitud sexual en persona protegida*. El que, con ocasión del conflicto armado, ejerza uno de los atributos del derecho de propiedad sobre persona protegida para que realice uno o más actos de naturaleza sexual, incurrirá en prisión de ciento sesenta (160) a trescientos veinticuatro (324) meses y multa de seiscientos sesenta y seis punto sesenta y seis (666.66) a mil quinientos (1500) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Artículo 5°. Adiciónese el artículo 141B a la Ley 599 de 2000 en los siguientes términos:

Artículo 141 B. *Trata de personas en persona protegida con fines de explotación sexual*. El que, con ocasión del conflicto armado, capte, traslade, acoja o reciba a persona protegida dentro del territorio nacional o hacia el exterior, con fines de explotación, incurrirá en prisión de trece (13) a veintitrés (23) años y una multa de ochocientos (800) a mil quinientos (1.500) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Para efectos de este artículo se entenderá por explotación sexual el obtener provecho económico o cualquier otro beneficio para sí o para otra persona, mediante la explotación de la prostitución ajena, el matrimonio servil, el turismo sexual u otras formas de explotación sexual.

Artículo 6°. Adiciónese el artículo 139A a la Ley 599 de 2000 en los siguientes términos:

Artículo 139A: *Esterilización forzada en persona protegida*. El que con ocasión del conflicto armado prive por medio de la violencia, a persona protegida de la capacidad de reproducción biológica, incurrirá en prisión de sesenta y cuatro (64) a ciento sesenta y dos (162) meses y multa de ciento treinta y tres punto treinta y tres (133.33) a setecientos cincuenta (750) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Parágrafo: No se entenderá como esterilización forzada cuando la privación de la capacidad de reproducción biológica tenga justificación en tratamiento médico o clínico de la víctima.

Artículo 7°. Adiciónese el artículo 139B a la Ley 599 de 2000 en los siguientes términos:

Artículo 139B. *Embarazo forzado en persona protegida*. El que, con ocasión del conflicto armado, obligue a quien ha quedado en embarazo por la fuerza a continuar con la gestación, incurrirá en prisión de ciento sesenta meses (160) a trescientos veinticuatro (324) meses y multa de seiscientos sesenta y seis punto sesenta y seis (666.66) a mil quinientos (1500) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Artículo 8°. Adiciónese el artículo 139C a la Ley 599 de 2000 en los siguientes términos:

Artículo 139C. *Desnudez forzada en persona protegida*. El que, con ocasión del conflicto armado, obligue a desnudarse o permanecer desnuda, por medio de la violencia a persona protegida, incurrirá en prisión de sesenta y cuatro (64) a ciento sesenta y dos (162) meses y multa de ciento treinta y tres punto treinta y tres (133.33) a setecientos cincuenta (750) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Artículo 9°. Modifíquese el artículo 212 de la Ley 599 de 2000 en los siguientes términos:

Artículo 212. *Acceso carnal*. Para los efectos de las conductas descritas en los capítulos anteriores, se entenderá por acceso carnal la penetración, por insignificante que fuere, del miembro viril por vía anal, vaginal u oral, así como la penetración vaginal o anal de cualquier otra parte del cuerpo humano u otro objeto.

Artículo 10. Adiciónese el artículo 212 A de la Ley 599 de 2000 en los siguientes términos:

Artículo 212A. *Violencia*. Para los efectos de las conductas descritas en los capítulos anteriores que constituyen violencia sexual, se entenderá por violencia, el uso de la fuerza, o la amenaza de la fuerza o la coacción, como la causada por el temor a la violencia, la intimidación, la detención, la opresión psicológica o el abuso de poder, la utilización de entornos de coacción que impidan a la víctima dar su libre consentimiento.

Artículo 11. Adiciónese el numeral 5 al artículo 216 de la Ley 599 de 2000 en los siguientes términos:

5. La conducta se cometiere como forma de retaliación, represión o silenciamiento de personas que forman parte de organizaciones sociales, comunitarias o políticas o que se desempeñan como líderes o defensoras de Derechos Humanos.

CAPÍTULO III

De la investigación y juzgamiento

Artículo 12. *Derechos y garantías para las víctimas de violencia sexual.* Las víctimas de violencia sexual sin perjuicio de los derechos y garantías establecidos en los artículos 11 y 14, y el capítulo IV del título IV de la Ley 906 de 2000; en los artículos 8°, 19, 20, 21 y 22 de la Ley 1257 de 2008; en los artículos 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 52, 53, 54, 69, 132, 135, 136, 137, 139, 140, 149, 150, 151, 181, 182, 183, 184, 186, 187, 188, 190, 191 de la Ley 1448 de 2011; en el artículo 54 de la Ley 1438 de 2011; en el artículo 15 de la Ley 360 de 1997; en los artículos 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198 de la Ley 1098 de 2006 y demás disposiciones, tienen derecho a:

1. Que se preserve en todo momento la intimidad y privacidad de la víctima menor de edad, manteniendo la confidencialidad de la información sobre su residencia, teléfono, lugar de trabajo o estudio, entre otros aspectos. Dicha protección incluye a su familia y allegados. Esta garantía se aplicará a las víctimas mayores de edad, si así lo deciden.

2. Que se les extienda copia de la denuncia, del reconocimiento médico legal y de cualquier otro documento de interés para la víctima.

3. No ser discriminadas en razón de su pasado ni de su comportamiento sexual, ni por ninguna otra causa respetando el principio de igualdad y no discriminación, en cualquier ámbito o momento de la atención, especialmente por los operadores de justicia y los intervinientes en el proceso judicial.

4. Ser atendida por personas formadas en Derechos Humanos, principio de acción sin daño y enfoque diferencial. Todas las instituciones involucradas en la atención a víctimas de violencia sexual harán esfuerzos presupuestales, pedagógicos y administrativos para el cumplimiento de esta obligación.

5. Ser atendidas en lugares accesibles, que garanticen la privacidad, salubridad, seguridad y comodidad.

6. Ser protegidas contra toda forma de coerción, violencia o intimidación, directa o sobre sus familias o personas bajo su custodia.

7. A que se valore el contexto en que ocurrieron los hechos objeto de investigación sin prejuicios contra la víctima.

8. A contar con asesoría, acompañamiento y asistencia técnica legal en todas las etapas procesales y desde el momento en que el hecho sea conocido por las autoridades. Las entrevistas y diligencias que se surtan antes de la formulación de imputación deberán realizarse en un lugar seguro y que le genere confianza a la víctima, y ningún funcionario podrá impedirle estar acompañada por un abogado o abogada, o psicóloga(o). En el caso de niños, niñas y adolescentes, además, deberán garantizarse lugares de espera aislados de las áreas en las que se desarrollan las diligencias judiciales, que eviten el contacto con el agresor o su defensa, y con el acompañamiento de personal idóneo.

9. A que se les brinde iguales oportunidades para rendir declaración como a los demás testigos, y se adopten medidas para facilitar dicho testimonio en el proceso penal.

10. A que se considere su condición de especial vulnerabilidad, atendiendo a su condición etaria, discapacidad, pertenencia a un grupo étnico, pertenencia a poblaciones discriminadas o a organizaciones sociales o colectivos que son objeto de violencia sociopolítica, en la adopción de medidas de prevención, protección, en garantías para su participación en el proceso judicial y para determinar su reparación.

11. A ser informadas, asesoradas y atendidas sobre la posibilidad de interrumpir voluntariamente embarazos cuando la continuación del embarazo constituya peligro para la vida o la salud de la mujer certificada por un médico; o cuando existe grave malformación del feto certificado por un médico; o cuando el embarazo sea el resultado de una conducta constitutiva de acceso carnal o acto sexual sin consentimiento, abusivo o de inseminación artificial o transferencia de ovulo fecundado no consentidas, o de incesto.

Parágrafo 1°. Los funcionarios públicos que en el desarrollo del proceso penal o cualquier otro tipo de actuación jurisdiccional o administrativa incumplan sus obligaciones respecto de la garantía de los derechos de las víctimas de violencia sexual, responderán ante los Tribunales y Juzgados competentes, y ante las autoridades disciplinarias por dichas conductas.

El Ministerio Público vigilará el cumplimiento de los derechos de las víctimas de violencia sexual de manera prioritaria. Las investigaciones sobre presuntas faltas disciplinarias se adelantarán a través del procedimiento verbal establecido en el capítulo I del título XI del Código Disciplinario Único.

Parágrafo 2°. En el término de un (1) año a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, la Fiscalía General de la Nación, el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, las Comisarías de Familia a través del Ministerio de Justicia, la Policía Nacional, el Consejo Superior de la Judicatura, la Defensoría del Pueblo, el Ministerio de Salud y demás autoridades involucradas en los procesos de atención integral y acceso a la justicia de las víctimas de violencia sexual, tendrán que presentar un informe detallado al Comité de Seguimiento sobre las medidas implementadas para la adecuación y fortalecimiento institucional que garanticen los derechos y garantías consagradas en este artículo.

Artículo 13. *Criterios para la investigación penal.* La autoridad judicial competente adelantará la investigación y el juzgamiento de los delitos que constituyen violencia sexual con ocasión del conflicto armado de conformidad con el enfoque de investigación de crímenes de sistema, para lo cual se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

1. Contexto en que ocurrieron los hechos objeto de investigación;

2. Circunstancias en las que ocurrieron los hechos;
3. Patrones de comisión de la conducta punible;
4. Carácter generalizado o sistemático del ataque en virtud del cual se desarrolle la conducta;
5. Conocimiento del ataque generalizado o sistemático;
6. Pertenencia del sujeto activo a un aparato organizado de poder;
7. Realización de la conducta en desarrollo de una política del grupo organizado.

Artículo 14. *Crimen de lesa humanidad como verdad judicial*. La autoridad judicial competente que adelante la investigación y el juzgamiento, deberá declarar que la(s) conducta(s) por la cual se investiga o juzga es de lesa humanidad, cuando esta(s) se inscriban, hagan parte o sean cometidas en el contexto de un ataque generalizado o sistemático y con conocimiento de dicho ataque, y reúna(n) los demás requisitos establecidos por los tratados internacionales ratificados por Colombia.

Artículo 15. Modifíquese el inciso segundo del artículo 83 de la Ley 599 de 2000 modificado por la Ley 1426 de 2010 en los siguientes términos:

El término de prescripción para las conductas punibles de desaparición forzada, tortura, homicidio de miembro de una organización sindical legalmente reconocida, homicidio de defensor de Derechos Humanos, homicidio de periodista y desplazamiento forzado, será de treinta (30) años. La acción penal para los delitos de lesa humanidad y crímenes de guerra será imprescriptible.

Artículo 16. *Obligación de adelantar las investigaciones en un plazo razonable y bajo el impulso de los funcionarios judiciales*. En los casos que involucren violencia sexual, el fiscal, el Juez o el Magistrado deben actuar con debida diligencia; deberán utilizar plenamente sus facultades oficiosas en la investigación para evitar que haya impunidad.

La investigación debe iniciarse de manera inmediata al conocimiento de los hechos y ser llevada a cabo en un plazo razonable. El impulso de la investigación es un deber jurídico propio, no debe recaer esta carga en la iniciativa de la víctima, en su participación en el proceso o depender de su retractación. En caso de retractación, le corresponde al fiscal del caso corroborar los motivos que promovieron esta decisión de la víctima, especialmente aquellos referidos a las condiciones de seguridad, medidas de protección y posibles situaciones de revictimización.

El fiscal del caso deberá contar dentro de su grupo de investigadores criminalísticos con personal capacitado en delitos sexuales, con quienes adecuará el programa metodológico de la investigación de acuerdo a las características de cada caso y atendiendo a las características étnicas, etarias y socioeconómicas de la víctima.

Las actuaciones adelantadas por los funcionarios judiciales deberán respetar en todo momento la dig-

nidad de las víctimas de violencia sexual y atender sus necesidades de tal manera que no constituyan actos de revictimización.

Artículo 17. *Principios de prueba en casos de violencia sexual*. En los casos en que se investiguen delitos que involucren violencia sexual, el personal de policía judicial, de Medicina Legal, Ministerio Público, de Fiscalía, y de Judicatura aplicará las siguientes reglas en el recaudo, práctica y valoración de las pruebas:

1. El consentimiento no podrá inferirse de ninguna palabra, gesto o conducta de la víctima cuando la fuerza, la amenaza de la fuerza, la coacción o el aprovechamiento de un entorno coercitivo hayan disminuido su capacidad para dar un consentimiento voluntario y libre;

2. El consentimiento no podrá inferirse de ninguna palabra, gesto o conducta de la víctima cuando esta sea sin un consentimiento voluntario y libre;

3. El consentimiento no podrá inferirse del silencio o de la falta de resistencia de la víctima a la supuesta violencia sexual;

4. La credibilidad, la honorabilidad o la disponibilidad sexual de la víctima o de un testigo, sus representantes o familiares, no podrán inferirse de la naturaleza sexual del comportamiento anterior o posterior de la víctima o de un testigo;

5. No se investigará el comportamiento sexual anterior o ulterior de la víctima o de un testigo.

6. El Juez o Magistrado no admitirá pruebas sobre el comportamiento sexual anterior o ulterior de la víctima o de un testigo.

7. El Juez o Magistrado no admitirá pruebas que propicien discriminaciones por razones religiosas, étnicas, ideológicas o políticas.

Artículo 18. *Elementos para la conducción de la investigación y apreciación de las pruebas en casos de violencia sexual*. Sin perjuicio de la autonomía judicial, los funcionarios competentes tendrán en cuenta los siguientes elementos como criterios en la conducción de la investigación y apreciación de las pruebas en casos de violencia sexual, sin perjuicio de la utilización de otros criterios dirigidos a garantizar la debida diligencia en la investigación y juzgamiento:

1. No se condicionará la determinación de la ocurrencia del hecho de violencia sexual a la existencia de prueba física.

2. La ausencia de rastros de espermatozoides, fluidos, ADN, o lesiones en el cuerpo de la víctima, no es razón suficiente para concluir la no ocurrencia de la conducta ni eximir de responsabilidad al presunto agresor.

3. La utilización de preservativo por parte del presunto agresor, no permite inferir el consentimiento por parte de la víctima.

4. El hallazgo del himen entero en la víctima no es razón suficiente para concluir la no ocurrencia de la conducta ni la ausencia de responsabilidad del presunto agresor.

5. Se atenderá al contexto en que en que ocurrieron los hechos criminales y los patrones que explican su comisión, especialmente aquellos que ocurren en el marco del conflicto armado, para efecto los operadores de justicia podrán acudir a peritajes psicológicos o antropológicos.

6. Al testimonio de la víctima de violencia sexual con ocasión del conflicto armado, se le otorgará un valor probatorio relevante especialmente cuando se trata de una víctima menor de edad, o la conducta se haya cometido en espacios cerrados y sin testigos.

7. Se introducirán técnicas de investigación de alta calidad para la obtención de pruebas sin ser degradantes para la víctima y minimizando toda intrusión en su intimidad.

Artículo 19. *Competencia*. Los delitos de violencia sexual no podrán ser investigados a través de la jurisdicción penal militar.

Artículo 20. *Comité técnico jurídico de la fiscalía general de la nación para la investigación de la violencia sexual*. Créase el Comité Técnico Jurídico para la Investigación de la Violencia Sexual al interior de la Fiscalía General de la Nación, conformado por cinco (5) delegados(as), con representación de un funcionario o funcionaria de alto nivel de la Dirección Nacional de Fiscalías, la Unidad Nacional de Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario, el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, la Unidad Nacional para la Justicia y la Paz, la Escuela de Investigación Criminal y de Ciencias Forenses y la Unidad Especializada en Delitos contra la Libertad Sexual y la Dignidad Humana de Bogotá.

Este Comité tendrá por objetivo realizar el análisis, monitoreo y definición de técnicas y estrategias de investigación diferencial y eficaz en casos de violencia sexual asociadas al conflicto armado, cuando así lo disponga el (la) Fiscal General de la Nación o la Dirección Nacional de Fiscalías, de manera oficiosa, o a solicitud de la víctima, su representante judicial, la Defensoría del Pueblo o la organización que acompañe a la víctima. Quienes conformen el Comité, deberán demostrar experiencia y/o formación frente a la protección de los Derechos Humanos de las mujeres, niñas, niños y adolescentes, el enfoque diferencial y la perspectiva psicosocial. Las recomendaciones y orientaciones técnicas que imparta el Comité, deberán ser atendidas por el Fiscal a cargo de la investigación y por el personal que cumple funciones de policía judicial y de investigación forense.

Cuando la víctima de violencia sexual sea también víctima de otras conductas punibles, que estén siendo investigadas de manera simultánea y por separado, el Comité podrá impartir orientaciones técnicas adicionales para que en todas ellas se atienda la situación especial de la víctima, y la posible conexión de la violencia sexual con los hechos objeto de las diferentes investigaciones.

Parágrafo. El Comité Técnico Jurídico para la Investigación de la Violencia Sexual al interior de

la Fiscalía General de la Nación entrará en funcionamiento en un plazo máximo de tres meses a partir de la entrada en vigencia de la presente ley.

CAPÍTULO IV

Medidas de protección

Artículo 21. *Protección para garantizar el acceso a la justicia de las víctimas de violencia sexual*. Para proteger los derechos de las víctimas de violencia sexual con ocasión del conflicto armado y garantizar su acceso a la justicia y facilitar su participación en todas las etapas del proceso, se aplicarán las siguientes reglas:

1. Se presume la vulnerabilidad acentuada de las víctimas de violencia sexual con ocasión del conflicto armado, y el riesgo de sufrir nuevas agresiones que afecten su seguridad personal y su integridad física, psíquica o sexual. En consecuencia, la adopción de las medidas provisionales de protección a que haya lugar, no podrá condicionarse a estudios de riesgo por ninguna de las autoridades competentes.

2. En todos los casos, los programas de protección deberán incorporar un enfoque de derechos humanos hacia las mujeres, generacional y étnico, y armonizarse con los avances legislativos, y los estándares del Derecho Internacional de los Derechos Humanos y el Derecho Penal Internacional.

3. Además de las medidas de protección establecidas en los artículos 17 y 18 de la Ley 1257 de 2008, y de las medidas de atención establecidas en el artículo 19 de la misma ley, deberá prestarse a las víctimas de violencia sexual atención psicosocial permanente, si ellas deciden aceptar la atención, hasta su plena recuperación emocional.

4. Las medidas de protección siempre serán extensivas al grupo familiar y a las personas que dependan de la víctima.

5. Cuando las medidas de protección se adopten a favor de mujeres defensoras de derechos humanos, su implementación deberá contribuir además al fortalecimiento de su derecho a la participación, sus procesos organizativos y su labor de defensa de los Derechos Humanos.

6. La solicitud de protección ante las autoridades competentes, procede antes de la denuncia del hecho de violencia sexual. Ningún funcionario podrá coaccionar a la víctima a rendir declaración sobre los hechos antes de contar con una medida de protección idónea y que garantice unas condiciones de seguridad y confianza para formular la denuncia.

Para el efecto, la Fiscalía General de la Nación, dispondrá de un mecanismo ágil para que las víctimas presenten su solicitud de protección antes de la formulación de la denuncia, y adoptará la medida de protección provisional más idónea, atendiendo a un enfoque diferencial, y aplicando las medidas especiales y expeditas previstas en los artículos 17 y 18 de la Ley 1257 de 2008.

7. Una vez formulada la denuncia, el Fiscal, la víctima o su representante judicial, podrá solicitar ante el Juez de Control de Garantías, la imposición de medidas de protección definitivas durante el

tiempo que sea necesario, bajo un enfoque diferencial, que garanticen su seguridad, el respeto a su intimidad, su participación en el proceso judicial y la prevención de la victimización secundaria, de conformidad con los artículos 17 y 18 de la Ley 1257 de 2008, y los artículos 11 y 134 de la Ley 906 de 2004. Esta decisión deberá adoptarse en un término máximo de setenta y dos (72) horas.

8. Las medidas de protección que se adopten en aplicación de los artículos 17 y 18 de la Ley 1257 de 2008, no son excluyentes de otras medidas de protección que procedan en aplicación del Programa de Protección de Víctimas y Testigos de la Fiscalía General de la Nación, o del Programa de Protección a cargo del Ministerio del Interior.

9. El acceso a los programas de protección a víctimas y testigos de la Fiscalía General de la Nación, para las víctimas de violencia sexual con ocasión del conflicto armado, no podrá condicionarse a la eficacia o utilidad de la participación de la víctima, para la recolección de elementos probatorios o para la identificación del autor del hecho; se entenderá que la finalidad de la protección en estos casos, corresponde a la generación de condiciones de seguridad y de confianza suficientes, para el pleno ejercicio de los derechos de la víctima y para garantizar su participación durante el trámite del proceso penal.

CAPÍTULO V

Atención psicosocial

Artículo 22. *Atención psicosocial para las víctimas de violencia sexual.* El Sistema de Seguridad Social en Salud deberá contar con profesionales idóneos y con programas especializados para la atención psicosocial de las víctimas de violencia sexual con ocasión del conflicto armado, y no se podrá obligar a las víctimas a asistir a consultas con psiquiatras o psicólogos no especializados, no conocedores de la dinámica de la violencia sexual en el marco del conflicto armado, y/o sin sensibilidad a las necesidades y vulnerabilidades específicas de estas víctimas.

La atención psicosocial debe brindarse a la víctima que así lo solicite, desde el primer momento de conocimiento de los hechos, por parte de las autoridades judiciales, durante todo el proceso penal. La atención psicosocial se considerará en los incidentes de reparación como una de las medidas a ordenar en materia de rehabilitación. La atención psicosocial suministrada con anterioridad al incidente de reparación no podrá considerarse como una medida de reparación.

La atención psicosocial suministrada a las víctimas de violencia sexual debe prestarse hasta que la víctima la requiera y no puede ser restringida por razones económicas ni por razones de tiempo.

Parágrafo transitorio. Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos 47, 52, 53, 54, 137 y 138 de la Ley 1448 de 2011; del artículo 19 y 54 de la Ley 1438 de 2011, y de los artículos 13 y 19 de la Ley 1257 de 2008, y mientras no se garantice personal y recursos suficientes e idóneos en los términos establecidos en este artículo para acceder a la atención psicosocial, las víctimas de violencia sexual podrán

optar por los servicios que prestan las organizaciones privadas expertas en la materia. Para el efecto, el Ministerio de Salud y las entidades del orden territorial bajo los principios de coordinación, subsidiariedad y concurrencia, establecerán convenios con organizaciones privadas o públicas que certifiquen su experticia en atención psicoterapéutica con perspectiva psicosocial, a través de las cuales se suministrará el servicio a las víctimas de violencia sexual que así lo soliciten, por el tiempo que sea necesario para su recuperación emocional.

La atención psicosocial recibida a través de una organización privada, hará parte integrante de la historia clínica de la víctima, no podrá ser desconocida por el personal médico de las EPS o ARS a la cual se encuentre afiliada la víctima.

CAPÍTULO VI

Medidas de reparación

Artículo 23. *Medidas de reparación.* Los jueces, además de sancionar a los responsables, deberán reconocer e identificar a las víctimas directas e indirectas, e individualizar los daños y perjuicios, materiales e inmateriales, individuales y colectivos, causados por los hechos de violencia sexual, atendiendo a criterios diferenciales de edad, grupo étnico, orientación sexual, identidad o expresión de género, condición de discapacidad, condición de desplazamiento forzado o de víctima del conflicto armado, pertenencia a una organización social, actividad de liderazgo, entre otros.

Las medidas de reparación estarán encaminadas a restituir integralmente los derechos vulnerados.

Las medidas de reparación deberán incluir medidas de restitución, indemnización, satisfacción, rehabilitación y garantías de no repetición.

Artículo 24. *Participación de las víctimas en la definición de las medidas de reparación.* En todos los procedimientos para establecer las medidas de reparación, se garantizará que las víctimas o sus representantes judiciales sean escuchadas en sus pretensiones acerca de las medidas de reparación y se propugnará por que la reparación responda a las características propias del caso, como el contexto de conflicto armado, la edad de las víctimas, sus condiciones de vulnerabilidad, y la violencia sufrida. Si el juez en su fallo de reparación se aparta de las solicitudes de la víctima o de sus representantes, deberá justificar su decisión, y en todo caso, garantizará la reparación integral.

Artículo 25. *Reglas especiales para el trámite del incidente de reparación integral en los casos de violencia sexual con ocasión del conflicto armado bajo el procedimiento de la Ley 906 de 2004.* En los casos de violencia sexual con ocasión del conflicto armado, se seguirán las siguientes reglas para el ejercicio e impulso del incidente de reparación integral:

1. Si la víctima directa no puede ser ubicada dentro del término legal previsto para iniciar el incidente de reparación integral, el fiscal deberá solicitar su inicio dentro de los cinco (5) días siguientes al vencimiento del término dispuesto en el artículo 102 de la Ley 906 de 2004, modificado por el artículo

86 de la Ley 1395 de 2010. El fiscal encargado remitirá copia de la solicitud de inicio a la Defensoría del Pueblo para garantizar que la víctima tenga un representante judicial idóneo.

2. Cuando se trate de víctimas menores de edad, que carecen de representación legal, o cuyos representantes se abstienen de solicitar el inicio del incidente, el fiscal deberá solicitar su inicio dentro de los cinco (5) días siguientes al vencimiento del término dispuesto en el artículo 102 de la Ley 906 de 2004, modificado por el artículo 86 de la Ley 1395 de 2010. A la audiencia que convoque el juez para el inicio del incidente, deberán ser citados, además, el agente del Ministerio Público, el defensor de familia cuya designación se solicitará al ICBF, y el representante judicial de víctimas designado por la Defensoría del Pueblo.

3. En la audiencia pública establecida en el artículo 103 de la Ley 906 de 2004, modificado por el artículo 87 de la Ley 1395 de 2010, el juez deberá examinar si las pretensiones formuladas recogen suficientemente los criterios de reparación integral y diferenciales establecidos en el artículo 28 de la presente ley. Al verificar que las pretensiones no incorporan tales criterios, el juez inadmitirá la solicitud, y concederá al representante judicial de víctimas la oportunidad dentro de la misma audiencia de adicionar a la solicitud medidas complementarias.

4. En la audiencia pública regulada por el artículo 103 de la Ley 906 de 2004, modificado por el artículo 87 de la Ley 1395 de 2010, se garantizará el derecho consagrado en el artículo 8, literal k) de la Ley 1257 de 2008, especialmente cuando el juez dé la posibilidad de conciliar. La conciliación se limitará a las medidas indemnizatorias y no serán objeto de conciliación las medidas de restitución, satisfacción, rehabilitación y garantías de no repetición.

5. En la decisión que ponga fin al incidente de reparación integral, el juez podrá incluir medidas de indemnización, y medidas de restitución, satisfacción, rehabilitación y garantías de no repetición, que en virtud del principio de reparación integral, y de acuerdo a los hechos demostrados deban ordenarse aunque en el incidente no se hayan invocado expresamente, pero puedan inferirse del contexto en que ocurrieron los hechos y de acuerdo a los criterios diferenciales que resulten evidentes.

6. El término de caducidad previsto en el artículo 106 de la Ley 906 de 2004, modificado por el artículo 89 de la Ley 1395 de 2010, se entenderá ampliado, por la suma de los plazos previstos en los numerales 2 y 3 del presente artículo, cuando haya lugar a aplicarlos.

Parágrafo 1°. El fiscal y el representante judicial de víctimas deberá actuar con la debida diligencia para garantizar la reparación integral a las víctimas que representa. El incumplimiento de este deber, a través de conductas omisivas en la solicitud de las respectivas medidas de indemnización, restitución, satisfacción, rehabilitación o garantías de no repetición, o en la solicitud y práctica de las pruebas,

constituirá una presunta falta a la debida diligencia profesional de conformidad con el Código Disciplinario del Abogado.

Parágrafo 2°. La Defensoría del Pueblo establecerá criterios de selección e implementará programas de formación especializados y continuos para los representantes judiciales de víctimas, con el fin de garantizar que este servicio sea suministrado a través de personal idóneo y con conocimiento suficiente sobre los derechos humanos de las mujeres, de las niñas, los niños y adolescentes, sobre el enfoque diferencial, y sobre los mecanismos para garantizar plenamente los derechos de las víctimas al acceso a la justicia, a la verdad y a la reparación integral.

Artículo 26. *Reglas especiales para el trámite del incidente de reparación integral en los casos de violencia sexual con ocasión del conflicto armado bajo el procedimiento de la Ley 975 de 2005.* En los casos de violencia sexual con ocasión del conflicto armado, se seguirán las siguientes reglas para el ejercicio e impulso del incidente de reparación integral:

1. Una vez declarada la legalidad de la aceptación de cargos de acuerdo con el artículo 23 de la Ley 975 de 2005, en la misma audiencia la Sala del Tribunal de Distrito Judicial que conozca el caso, iniciará de oficio el trámite del incidente de reparación integral.

2. La no ubicación de la víctima directa en la etapa del incidente de reparación integral o su no participación en el mismo, no puede ser utilizado por parte de su representante judicial o del juez, como argumentos para excluir medidas de reparación integral para la víctima.

3. El juez deberá examinar si las pretensiones formuladas recogen suficientemente los criterios de reparación integral y diferenciales establecidos en el artículo 28 de la presente ley. Al verificar que las pretensiones no incorporan tales criterios el juez inadmitirá la solicitud, y concederá al representante judicial de víctimas la oportunidad dentro de la misma audiencia de adicionar a la solicitud medidas complementarias.

4. En la audiencia regulada por el artículo 23 de la Ley 975 de 2005, se garantizará el derecho consagrado en el artículo 8°, literal k) de la Ley 1257 de 2008, especialmente cuando el juez invite a los intervinientes a conciliar. La conciliación se limitará a las medidas indemnizatorias y no serán objeto de conciliación las medidas de restitución, satisfacción, rehabilitación y garantías de no repetición.

5. En la decisión que ponga fin al incidente de reparación integral, el juez podrá incluir medidas de indemnización, y medidas de restitución, satisfacción, rehabilitación y garantías de no repetición, que en virtud del principio de reparación integral, y de acuerdo a los hechos demostrados deban ordenarse aunque en el incidente no se hayan invocado expresamente, pero puedan inferirse del contexto en que ocurrieron los hechos y de acuerdo a los criterios diferenciales que resulten evidentes.

Artículo 27. *Regla especial para la liquidación de perjuicios en los casos de violencia sexual con ocasión del conflicto armado tramitados bajo los procedimientos anteriores a la Ley 906 de 2004.* En la decisión que resuelva la liquidación de perjuicios, el juez podrá incluir medidas de reparación que en virtud del principio de reparación integral, y de acuerdo a los hechos demostrados deban ordenarse aunque no se hayan invocado expresamente en la demanda de constitución de parte civil, pero puedan inferirse del contexto en que ocurrieron los hechos y de acuerdo a los criterios diferenciales que resulten evidentes.

Artículo 28. Agréguese un párrafo 2° al artículo 145 de la Ley 1448 de 2011 en los siguientes términos:

Parágrafo 2°. Como parte del desarrollo del enfoque diferencial, el Centro de Memoria Histórica presentará en el término de dos (2) años al Gobierno Nacional, al Congreso de la República, a las Altas Cortes y a la Fiscalía General de la Nación, un informe especial de carácter público, sobre violencia sexual con ocasión del conflicto armado.

El informe, que tendrá un alcance nacional, buscará establecer la existencia de patrones de la ocurrencia de este tipo de conductas y describir el contexto regional en el que se desarrollaron, atendiendo a las causas sociales, económicas, políticas y culturales que permitieron la comisión de este tipo de violencia.

La metodología para la elaboración del informe incluirá la documentación de casos de víctimas de violencia sexual y la utilización de la sistematización de la información de los acuerdos por la verdad establecidos en la Ley 1424 de 2011, así como de las versiones libres en el marco de la Ley 975 de 2005.

CAPÍTULO VII

Otras disposiciones

Artículo 29. *Adecuación de la política integral de Derechos Humanos y DIH del Ministerio de Defensa.* El Ministerio de Defensa, en el plazo de cinco (5) meses, adecuará su Política Integral de Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario, incluyendo acciones encaminadas a la prevención de la violencia sexual, con los aportes de la Procuraduría General de la Nación, la Defensoría del Pueblo, y organizaciones que trabajen en la materia.

En sus manuales de operaciones y en sus protocolos de actuación, el Ministerio de Defensa con la asesoría de la Defensoría del Pueblo y de la Procuraduría General incluirán un mecanismo de reacción inmediata ante la noticia de un hecho de violencia sexual cometido por uno de sus integrantes, o en zonas que se encuentran bajo su control, en el que se contemplen medidas de prevención, protección para las víctimas y la disposición de los integrantes de la fuerza pública para colaborar con las investigaciones judiciales y disciplinarias que se adelanten.

La Procuraduría General de la Nación hará seguimiento de la implementación de la política, así como de los manuales de operación y protocolos de actuación a los que se refiere el presente artículo.

Artículo 30. *Sistema único de información sobre violencia sexual.* El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en coordinación con la Alta Consejería Presidencial para la Equidad de la Mujer, crearán un sistema único de información, que permita conocer la dimensión de la violencia sexual, monitorear los factores de riesgo de la violencia sexual, y aportar elementos de análisis para evaluar las medidas adoptadas en materia de prevención, atención y protección.

Para el Sistema Único de Información, en el plazo de un (1) año, se articularán y unificarán los sistemas de registro e información del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, del Ministerio de Defensa, de la Fiscalía General de la Nación, de la Rama Judicial, del Ministerio de Salud, de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud, de las Empresas Promotoras de Salud, de la Procuraduría General de la Nación y de la Defensoría del Pueblo, sobre violencia sexual, especialmente con ocasión del conflicto armado.

Cada entidad involucrada estará obligada a suministrar toda la colaboración, y a entregar la información respectiva.

El sistema único de información dará cuenta de los casos de violencia sexual registrados por todas las entidades especificando:

1. El lugar y la fecha de ocurrencia de los hechos.
2. Caracterización de las víctimas, especificando el sexo, edad, grupo étnico, orientación sexual, identidad o expresión de género, condición de discapacidad, condición de desplazamiento forzado o de víctima del conflicto armado, pertenencia a una organización social, actividad de liderazgo, entre otros.
3. Caracterización del presunto victimario especificando: el sexo, la edad, pertenencia a un grupo armado y su identificación, relación con la víctima, entre otros criterios diferenciales.

4. Medidas de prevención, atención y protección adoptadas.

5. Casos que son conocidos por las autoridades judiciales, si se ha presentado denuncia, calificación jurídica provisional o definitiva, etapa del proceso penal y existencia de fallos sobre responsabilidad penal.

Para el funcionamiento Sistema Único de Información, deberán establecerse parámetros de transparencia, de seguridad y privacidad de las víctimas, y de accesibilidad. La información deberá ser pública y continuamente actualizada a través de la página web del DANE, respetando la reserva sobre la identidad de las víctimas.

Artículo 31. *Comité de Seguimiento.* El Comité de Seguimiento creado por el artículo 35 de la Ley 1257 de 2008, tendrá dentro de sus funciones:

1. Evaluar el cumplimiento de las obligaciones de las instituciones responsables de la atención, prevención, investigación, juzgamiento, sanción y reparación en materia de violencia sexual, especialmente con ocasión del conflicto armado.

2. Hacer seguimiento e identificar los obstáculos en la articulación interinstitucional en la atención y el acceso a la justicia para las víctimas de violencia sexual.

3. Emitir las recomendaciones pertinentes frente al cumplimiento de las obligaciones de las instituciones involucradas en la atención, prevención, investigación, juzgamiento, sanción y reparación en materia de violencia sexual, especialmente con ocasión del conflicto armado

Para la ejecución de estas funciones adoptará indicadores de seguimiento para evaluar el nivel de cumplimiento, los avances e impactos de las medidas de prevención, atención, protección y acceso a la justicia para las víctimas de la violencia sexual previstas en la presente ley. La información resultante de esta labor de seguimiento, será incluida en el informe anual al Congreso a que se refiere el inciso 2° del artículo 35 de la Ley 1257 de 2008.

Parágrafo. El Comité de Seguimiento realizará sesiones trimestrales dedicadas a la evaluación sobre el nivel de cumplimiento de las obligaciones asignadas a las diferentes entidades estatales en la presente ley, y al monitoreo de la problemática de la violencia sexual, especialmente con ocasión del conflicto armado. A las sesiones trimestrales a que se refiere el presente artículo, serán invitados permanentes: un (1) delegado/a del Ministerio de Justicia y del Derecho, un/a (1) delegado/a del Ministerio del Interior, un/a (1) delegado/a del Ministerio de Salud, un/a (1) delegado/a del Ministerio de Defensa, un/a (1) delegado/a de la Fiscalía General de la Nación, dos (2) Representantes a la Cámara, dos (2) Senadores, un (1) delegado del Consejo Superior de la Judicatura, y tres (3) representantes de las víctimas de violencia sexual en el marco del conflicto armado, elegidas estas últimas por un mecanismo definido exclusivamente por ellas mismas. Y como observadores internacionales podrán ser invitados: un/a (1) delegado/a de la Oficina de la Alta Comisionada de Naciones Unidas para los Derechos Humanos, un/a (1) delegado/a del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR) y un/a (1) delegado/a de ONU-Mujeres.

Artículo 32. *Derogatoria condicionada.* La norma posterior que restrinja el ámbito de protección de esta ley o implique desmejora o retroceso en la protección de los derechos de las víctimas de violencia sexual, deberá señalar de manera explícita las razones por las cuales se justifica la restricción, limitación, desmejora o retroceso. Cuando se trate de leyes esta se realizará en la exposición de motivos.

Para efectos de excepciones o derogaciones no se entenderá que esta ley resulta contrariada por normas posteriores sobre la materia, sino cuando estas identifiquen de modo preciso la norma de esta ley objeto de excepción, modificación o derogatoria.

Artículo 33. *Vigencia.* La presente ley rige a partir de su promulgación y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.



EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

INTRODUCCIÓN

El proyecto de ley tiene como propósito: armonizar la normatividad nacional con el derecho internacional de los DDHH y el derecho penal internacional respecto de la problemática de la violencia sexual, en especial aquella que ocurre en ocasión del conflicto armado; crear mecanismos legales tendientes a enfrentar las barreras de acceso a la justicia que enfrentan las víctimas de violencia sexual, y crear algunos mecanismos puntuales que permitan el monitoreo y seguimiento de dicha problemática y de la respuesta del Estado.

El propósito se plantea desde un enfoque de derechos humanos y un enfoque diferencial, reconociendo que las principales víctimas de estos críme-

nes son las mujeres, niños, niñas y adolescentes, y en consecuencia las medidas formuladas parten de atender los factores de discriminación y exclusión que se encuentran presentes y que dificultan la garantía de los derechos hacia estos grupos poblacionales.

Este objetivo implica adoptar acciones afirmativas a favor de las víctimas y evitar revictimizaciones que hacen que estas desistan de participar dentro de los procesos judiciales.

A continuación:

- Se presenta un panorama general de la violencia sexual en Colombia, en especial aquella que ocurre en desarrollo del conflicto armado, y la manera como el ser mujer, niño, niña o adolescente, indígena o afrocolombiana/o se constituyen en factores de riesgo a sufrir algún tipo de violencia sexual.

- Posteriormente se hace un balance sobre la respuesta del Estado a esta problemática, especialmente en términos del cumplimiento de deber de debida diligencia frente a la investigación, juzgamiento y sanción de estos crímenes.

- Para finalizar se exponen los principales argumentos que sustentan las propuestas contenidas en cada uno de los siete capítulos del presente proyecto de ley.

1. La Violencia Sexual en Colombia: un intolerable generalizado e impune.

1.1. Magnitud de la violencia sexual

Ser mujer: factor de riesgo frente a la violencia sexual

“La violencia sexual es el lado oscuro de Colombia” declaró Margot Wallström, representante especial del Secretario General sobre la violencia sexual en los conflictos, en su visita a Colombia en mayo de 2012¹.

En Colombia aún persiste una situación generalizada de violencia y discriminación contra las mujeres en el ámbito económico, laboral, político, privado y público. En el mundo económico y del trabajo esta exclusión o asimetría es alta: de acuerdo con el Dane para el año 2010 los hombres con igual nivel de formación, experiencia y responsabilidades, recibieron ingresos mayores que los ingresos de las mujeres en un 25%; la tasa de desempleo de las mujeres fue casi del doble que la de los hombres (1,7 veces más); el desempleo de mujeres jóvenes (de 14 a 26 años) fue más del doble (23%) que el desempleo promedio de Colombia (9,8%); el nivel de desocupación era mayor en las mujeres (15,8% mujeres, versus 9,4% hombres); el 72% de los hombres ha trabajado de manera remunerada, mientras que sólo el 43% de mujeres ha tenido este mismo tipo de trabajo; proporción que se invierte en las actividades no remuneradas, del 100% de mujeres, el 90% ha trabajado de manera no remunerada y sólo el 55% de los hombres ha ejercido esta actividad.

¹ Visita realizada durante el 16 al 19 de mayo de 2012. <http://www.unmultimedia.org/radio/spanish/2012/05/conferencia-de-prensa-margot-wallstrom-en-colombia/>

Existe una baja presencia de mujeres en los órganos de representación ciudadana y política, incluyendo al propio Congreso de la República, las mujeres siguen ocupando tan sólo el 25% de los escaños, siendo este porcentaje el promedio de los cargos de elección popular en todo el país². Colombia ocupa los últimos lugares de participación política de mujeres en América Latina, comparte al igual que la República del Congo, el puesto 110 entre 134 en la materia. En las gobernaciones, la proporción de mujeres que ocupan cargo de elección popular como alcaldías o gobernaciones no alcanza el 10%. En la rama judicial, la proporción de mujeres que ocupan cargos en las Altas Cortes es de 22,52%. y en los cargos de libre nombramiento y remoción, el porcentaje de mujeres que ocupan cargos directivos es el 37,57% en el nivel nacional.

Según la Encuesta de Demografía y Salud de 2010 una de cada tres mujeres (39%) ha sido agredida físicamente por su pareja o ex pareja, 6% de las mujeres reportó haber sido forzadas a tener relaciones sexuales; el 66% de las mujeres afirman que sus esposos o compañeros ejercen situaciones de control sobre ellas.

Todas estas formas de discriminación y de violencia en contra de las mujeres tienen su origen en un sistema socio sexual patriarcal. Para Gerda Lerner el patriarcado puede ser considerado como:

*“La manifestación e institucionalización del dominio masculino sobre las mujeres, niñas y niños en la familia y la extensión de los dominios sobre las mujeres en la sociedad en general. En la cultura patriarcal los hombres ostentan el poder en todas las instituciones importantes de la sociedad y las mujeres son privadas del poder. Ello no significa, que las mujeres estén totalmente privadas de derechos, influencia y recursos”*³.

Parte de este sistema de acuerdo con Olga Amparo Sánchez:

*“construye un andamiaje cultural y simbólico, que busca enseñar a las mujeres a vivir en la subordinación y a la opresión a través de entramados de socialización represivos y violentos, constituyendo las violencias contra las mujeres en componente básico del sistema”*⁴

En la cultura patriarcal, los cuerpos de las mujeres son territorio de guerra, son territorio expropiado, objetos de control y de tutela. La mejor constatación de esta afirmación es la magnitud de la violencia sexual. A pesar del alto subregistro lo cual dificulta la cuantificación del fenómeno, al ser uno de los delitos menos denunciados, lo que evidencian los datos oficiales es dramático.

² Informe Sobre la Participación femenina en el desempeño de cargos directivos en la administración pública. Observatorio para asuntos de Género. 2010.

³ Gerda Lerner, *The Creation of Patriarchy*, Oxford University Press, Nueva York/Oxford, 1986, p. 239

⁴ Olga Amparo Sánchez. *Las violencias contra las mujeres en una sociedad en guerra*. Ruta pacífica de las Mujeres.

| Año | Exámenes sexológicos |
|------|----------------------|
| 2003 | 14.239 |
| 2004 | 17.912 |
| 2005 | 18.474 |
| 2006 | 19.592 |
| 2007 | 20.273 |
| 2008 | 21.202 |
| 2009 | 21.612 |
| 2010 | 18.129 |
| 2011 | 20.142 |

Tabla 1. Dictámenes sexológicos 2003-20011. Elaboración propia con base en INML y CF, Forensis 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011

De acuerdo con el Instituto Nacional de Medicina Legal a partir de los dictámenes sexológicos realizados en el país, la violencia sexual es un fenómeno que ha tenido un aumento sostenido en el registro en los últimos años, pasando de 14.239 casos en el 2003, a 20.142 en el 2011. En todos los casos de violencia sexual, el factor de riesgo predominante es el ser mujer, del total de casos registrados la frecuencia hacia las mujeres ha oscilado entre el 83 y el 84%.

El conflicto interno armado que por ya tantas décadas ha vivido Colombia exacerba todos los elementos que hacen posible la discriminación y la violencia en contra de las mujeres. En primer término, la debilidad de la presencia del Estado en amplias zonas del territorio, y la situación de anomia a que esta da lugar, se convierte en una ventana de oportunidad para que los potenciales agresores actúen, de manera desproporcionada, vulnerando los derechos de sus víctimas.

El comportamiento de la violencia sexual con ocasión del conflicto armado es aún más difícil de determinar, ya que en la actualidad no contamos con los sistemas de registro que permitan dar cuenta de este fenómeno y la denuncia es mucho menor, tal y como lo afirmó la Corte Constitucional en el Auto 092 de 2008 en la violencia sexual “se desarrolla un triple proceso de invisibilidad oficial y extraoficial, silencio por parte de las víctimas, e impunidad de los perpetradores”⁵

No obstante la gravedad de la violencia sexual con ocasión del conflicto armado ha sido advertida por numerosas organizaciones de mujeres en el país en la última década, por organizaciones nacionales e internacionales⁶ de DDHH, por organismos de protección de DDHH⁷ y ha sido constatada por la propia Corte Constitucional.

⁵ Corte Constitucional, Auto 092, Sección III.1.1.6

⁶ Ver entre otros: Amnistía Internacional: Violencia sexual contra las mujeres en el marco del conflicto armado “Cuerpos Marcados, Crímenes silenciados (2004); Eso es lo que nosotras exigimos, que se haga justicia, impunidad por actos de violencia sexual cometidos contra mujeres en el conflicto armado de Colombia (2011).

⁷ Ver entre otros: Relatora Especial sobre la violencia contra la mujer, sus causas y consecuencias Sra. Radhika

Sobre el particular a nivel nacional espacios y organizaciones como La Mesa Mujer y Conflicto Armado⁸, la Ruta Pacífica de las Mujeres⁹, La Red Nacional de Mujeres¹⁰, La Mesa de Seguimiento al Auto 092 de 2008 (anexo reservado)¹¹, la Corporación Casa de la Mujer¹², la Corporación Sisma Mujer¹³, Iniciativa de Mujeres por la Paz¹⁴, Corporación Humanas Colombia¹⁵, la Campaña Saquen Mi Cuerpo de la Guerra¹⁶, CODHES¹⁷, Dejusticia¹⁸, entre muchas otras organizaciones así lo han advertido.

La gravedad de la violencia sexual con ocasión del conflicto armado en el año 2008 fue reconoci-

Coomaraswamy. “Informe misión en Colombia”. Naciones Unidas, Comisión de Derechos Humanos (2002), 58 período de sesiones. E/CN.4/2002/Add.3; Comisión Interamericana de Derechos Humanos. “Las mujeres frente a la violencia y la discriminación derivadas del conflicto armado en Colombia”. OEA/Ser.L/V/II. Doc. 67. 18 de octubre de 2006.

⁸ Ver los once informes sobre violencia sociopolítica contra las mujeres, jóvenes y niñas en Colombia (2001-2012). <http://www.mujieryconflictoarmado.org/informes.html>

⁹ Ver entre otros: Violencia contra las mujeres en una sociedad en Guerra (2008); Palabras, representaciones y resistencias de mujeres en el contexto del conflicto armado Colombiano (2005); Efectos de la desmovilización paramilitar en la vida y cuerpo de las mujeres en Colombia (2006).

¹⁰ Ver entre otros: Más allá de las cifras Violencias cruzadas (2005); Informe de Seguimiento al Auto 092 de 2008 (2010).

¹¹ Ver los 4 informes de seguimiento al Auto 092 de 2008 anexo reservado.

¹² Ver entre otros: ¿Será que a las mujeres nos matan porque nos aman? (2010), “Acceso a la justicia de mujeres víctimas de la violencia en las américas” Informe para la Audiencia ante la Comisión Interamericana de DDHH (2009).

¹³ Ver entre otros: la experiencia del litigio a mujeres víctimas de violencia sexual y de género en la Corporación sisma mujer (2007); La violencia sexual contra las mujeres ejercida por grupos paramilitares: estrategias, variantes e identificación de situaciones tipo (2009); Crímenes de lesa humanidad, violencia sexual y justicia de género en Colombia (2011); ¿Para qué una política criminal sobre violencia sexual en Colombia? (2012).

¹⁴ Ver entre otros: Los Informes Público sobre “Mujeres y Violencia Sexual” y sus documentos públicos, entre ellos el Documento público No. 5 Acceso a la justicia en Colombia, una mirada desde las mujeres (2010).

¹⁵ Ver entre otros: Guía para llevar casos de violencia sexual (2009); Situación en Colombia de la violencia sexual contra las mujeres (2009); Aportes para el acceso a la justicia de las mujeres en Colombia (2011).

¹⁶ Ver entre otros: La Violencia Sexual en Colombia, un arma de guerra (2009); La violencia sexual en Colombia Primera Encuesta de Prevalencia (2010); Revisión de las acciones del Gobierno del Presidente Juan Manuel Santos en su primer año: Prevención y eliminación de la violencia sexual en el marco del conflicto armado y la atención de las mujeres víctimas (2011).

¹⁷ Ver entre otros: Las sobrevivientes cuentan: las mujeres de las masacres de Chengue y el Tigre (2009); El día en que se dañó la tranquilidad, violencia sexual en las masacres de La Gabarra y el Alto Naya (2011).

¹⁸ Ver entre otros: Sin tregua. Políticas de reparación para las mujeres víctimas de violencia sexual durante dictaduras y conflictos armados (2007); Acceso a la justicia de mujeres víctimas de violaciones graves de los derechos humanos en el contexto del conflicto armado. Justicia transicional (2012).

da por la Corte Constitucional, afirmando que: “la violencia sexual es una práctica habitual, extendida, sistemática e invisible en el contexto del Conflicto Armado colombiano, así como lo son la explotación y el abuso sexuales”¹⁹.

Según la primera encuesta de prevalencia sobre la violencia sexual en contra de las mujeres en el contexto del conflicto armado colombiano 2001-2009 (ENVISE) realizada por la Casa de la Mujer con el apoyo de Intermon Oxfam, para el período 2001-2009- con base en 407 municipios con presencia de Fuerza Pública, insurgencia, paramilitares u otros actores armados se estimó que durante estos nueve años casi medio millón de mujeres (489.687) fueron víctimas directas de violencia sexual.

| Tipo de Violencia Sexual | Número estimado de hechos violentos |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Violación | 94.565 |
| Prostitución Forzada | 7.754 |
| Embarazo Forzado | 26.353 |
| Aborto Forzado | 27.058 |
| Esterilización Forzada | 19.422 |
| Acoso Sexual | 175.873 |
| Servicios Domésticos Forzados | 48.554 |
| Regulación de la Vida Social | 326.891 |
| Total hechos violentos | 726.470 |

Fuente: Encuesta ENVISE Colombia 2001-2009. Cálculos del estudio.

En promedio, 54.410 mujeres fueron víctimas directas anualmente, 149 diariamente y, 6 mujeres cada hora. No obstante al menos el 82% de las mujeres víctimas de estos delitos manifestaron no haber denunciado por miedo a sus victimarios, por vergüenza o porque no confiaban en la justicia²⁰.

Los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal a través de la revista Forensis 2010 muestra una tendencia que ha estado presente en los últimos años, sobre el comportamiento de los actores armados que ejercen conductas de violencia sexual contra las mujeres, niños, niñas y adolescentes en medio del conflicto armado. Según los datos oficiales son agentes de las fuerzas militares los principales victimarios y son las mujeres campesinas y menores de edad las principales víctimas. Así se demuestra en la tabla presentada a continuación. No obstante, hay que tener en cuenta que del total de casos 4.617 casos, solo en 67 de ellos se registra información sobre el presunto victimario. Es decir tenemos una muestra del 8%.

Exámenes médico legales por presunto delito sexual. Colombia.

| Victimario | Hombre | Mujer | Total | Victimario/Total |
|------------------------------------|--------|-------|-------|------------------|
| Miembros Fuerzas armadas y policía | 6 | 30 | 36 | 54% |
| Miembros de un grupo guerrillero | 1 | 12 | 13 | 19% |
| Miembros de Bandas criminales | 0 | 8 | 8 | 12% |
| Narcotraficantes | 0 | 6 | 6 | 9% |

¹⁹ Corte Constitucional, Auto 092 de 2008.

²⁰ Oxfam Internacional. Campaña: Violaciones y otras violencias. Saquen mi cuerpo de la guerra. “Primera encuesta de prevalencia “violencia sexual en contra de las mujeres en el contexto del conflicto armado colombiano”. Colombia 2001-2009.

| Victimario | Hombre | Mujer | Total | Victimario/Total |
|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|------------------|
| Miembros de seguridad privada | 1 | 2 | 3 | 4% |
| Miembros de servicio de inteligencia | 1 | 0 | 1 | 1% |
| Total | 9 | 58 | 67 | 100% |

Fuente: Forensis 2010.

Ser niña, niño o adolescente: factor de riesgo frente a la violencia sexual

De acuerdo con la información suministrada por el Instituto Nacional de Medicina Legal el grupo poblacional más afectado de acuerdo a la edad son las personas entre los 10 a 14 años, seguidas de aquellas que tienen entre 5 y 9 años de edad.

Sobre la situación de las niñas, el Secretario General de las Naciones Unidas en relación con la cuestión de los niños y los conflictos armados, en su primer informe (2009) sobre Colombia del mecanismo de monitoreo de la Resolución número 1612 de 2005, resaltó la existencia de “*muchos casos de violencia sexual contra menores, en particular niñas, de los que no se informa en Colombia, ya que muchas de las víctimas no denuncian los abusos por miedo a las represalias o por falta de confianza en las instituciones del Estado*”.

En 2010, la Oficina del Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Derechos Humanos -OACNUDH señaló en su Informe Anual sobre la Situación de Derechos Humanos en Colombia, que conoció casos de violencia sexual atribuidos a miembros de grupos pos-desmovilización en Antioquia, Cauca, Córdoba y Norte de Santander, las víctimas fueron niñas o mujeres jóvenes (Párr. 58). Según la OACNUDH “*También se conocieron casos de violencia sexual atribuidos a miembros de la fuerza pública, en particular del Ejército, en Arauca, Caldas, Cauca, Chocó, Meta y Vichada. En la mayoría de estos casos las víctimas eran niñas. En comparación con el año anterior, la reacción de la fuerza pública ante casos de violencia sexual atribuidos a alguno de sus miembros fue más adecuada y se iniciaron investigaciones por la justicia ordinaria*” (Párr. 59).

Por su parte, la Defensoría del Pueblo publicó en el año 2008 un informe en relación con el tema de la violencia sexual en el contexto de los conflictos, donde hacía referencia a “*la grave afectación a los derechos sexuales y reproductivos que hacen más gravosa la situación del desplazamiento, particularmente de las mujeres, niños, niñas y adolescentes, que son las principales víctimas del desplazamiento*” (Secretario General de Naciones Unidas, 2009, Párr. 37).

La situación de los derechos sexuales y reproductivos de las niñas que son reclutadas por los grupos armados ilegales o que se encuentran en contacto con miembros de estos grupos, debido a que viven en territorios donde hay una presencia de los mismos, también resulta especialmente preocupante. Generalmente estas niñas provienen de zonas urbanas o rurales muy pobres y no cuentan con la información ni con la educación necesaria para tomar una decisión consciente y autónoma sobre el ejercicio de sus derechos sexuales y reproductivos.

Esto ha llevado por un lado, a que en muchas ocasiones ellas perciban a los miembros de estos grupos armados, quienes en su mayoría también son jóvenes y adolescentes, como hombres poderosos y como una alternativa de vida; y por otro lado, a que ellas accedan a tener relaciones afectivas y sexuales con ellos, sin que medie una decisión plenamente voluntaria y consciente.

Sobre la situación de las niñas que integran los grupos armados ilegales, la OACNUDH ha denunciado lo siguiente: “En muchas ocasiones se les obliga a mantener relaciones sexuales con adultos a una edad temprana y a abortar si se quedan embarazadas. También se las obliga a usar métodos anticonceptivos que a menudo son inapropiados y perjudiciales para la salud. Un 31,2% de las niñas entrevistadas (...) afirmaron haber quedado embarazadas y perdido el niño mientras estaban con el grupo armado ilegal. Un 40% de estas adolescentes declararon que el embarazo se había producido cuando tenían entre 11 y 14 años de edad”. (Secretario General de Naciones Unidas, 2009, Párr. 38).

Ser indígena o afrodescendiente: factor de riesgo frente a la violencia sexual

Es conocido que las mujeres, niños, y niñas afrodescendientes e indígenas, están expuestas a un mayor riesgo de sufrir hechos de violencia sexual con ocasión del conflicto armado; no obstante, esta realidad no se reconoce como una forma en que la discriminación, y el racismo, se materializa. En visita realizada a Tumaco (municipio de Nariño, con población mayoritariamente Afrodescendiente) en el mes de marzo de 2012, la Delegada para los Derechos de la Niñez, la Juventud y la Mujer (DNJM), en interlocución con organizaciones de derechos humanos y mujeres líderes locales, encontró referencias recurrentes a la negación de atención para la denuncia de la violencia sexual, debido a que los operadores de justicia y otros funcionarios, creen que “las mujeres negras están para eso”, como forma de justificar el abuso sexual, no atenderlo, no escuchar a las víctimas, y finalmente, contribuir a su naturalización; es así como las mujeres afrodescendientes prefieren no denunciar los abusos sexuales, porque saben que no serán atendidas adecuadamente y se expondrán a malos tratos.

La misma delegada acompañó el caso de una niña Afrodescendiente, del municipio de Buenaventura (Valle del Cauca), de 10 años de edad, víctima de desplazamiento forzado, retornada con su familia, quien fue secuestrada y violada por actores armados; producto de ello quedó embarazada, y sufrió un nuevo desplazamiento forzado. La niña víctima fue acogida en Bogotá por su hermana mayor, quien la llevó a un hospital en donde le negaron la atención médica de urgencia requerida, incluyendo la interrupción legal del embarazo (ILE) solicitada por su hermana y por ella; por el contrario, fue remitida al ICBF, institución que la retuvo en un centro de protección, sin consideración alguna a su condición de niña Afrodescendiente (en el formato de registro aparece: “Grupo étnico – ninguno”), obstruyendo el acceso a salud y a justicia (fue necesaria la intervención de la Defensoría del Pueblo, para

que la defensora de familia responsable, remitiera el caso a la Fiscalía para la investigación del delito sexual, y se le garantizara la ILE, la práctica de exámenes de VIH y otras ETS, y la atención psicológica). Además, el Instituto de Medicina Legal, a pesar de la evidencia física del embarazo y de la edad de la víctima (10 años de edad, caso en el cual el delito sexual se presume legalmente), concluyó en el examen sexológico que la “*examinada... no presenta signos de penetración, presenta una única lesión consilomatosa que requiere tratamiento de EPS, no hay elementos de juicio para concluir abuso sexual*”. Actualmente la investigación penal se desarrolla en una fiscalía de Buenaventura²¹, lugar en donde viven sus familiares, quienes han expresado miedo por posibles represalias de los autores del hecho; la niña por su parte, permanece separada de su hermana mayor, en un centro de protección de ICBF en Bogotá.

Consecuencias

El impacto de la violencia sexual es devastador para la vida de las personas que lo sobreviven, especialmente cuando no se cuenta con apoyo emocional o social de las personas más cercanas o cuando no reciben la atención institucional apropiada para la recuperación de las lesiones físicas y psicosociales que resultan de los abusos, ocasionando como consecuencia no solo problemas de salud a largo plazo, sino en muchos casos dolor crónico, discapacidad física, abuso de drogas, alcohol y depresión.

En el campo de la salud sexual y reproductiva, las mujeres que han sufrido abusos sexuales corren el riesgo de mayores embarazos involuntarios, problemas ginecológicos y graves problemas en el ejercicio de la sexualidad, efecto devastador de menoscabo de su confianza. Además de las lesiones físicas el abuso conlleva el riesgo de un embarazo o el contagio de enfermedades de transmisión sexual, como el VIH Sida. Las consecuencias traumáticas suelen acompañar a las víctimas durante largos periodos o durante toda la vida, si no reciben asistencia especializada. También sufren graves daños emocionales, tales como sentimientos de vergüenza, culpa, impotencia, frustración, rabia que interfieren con su vida cotidiana, transformando y deteriorando sus relaciones familiares y con otras personas de su red social. Ese sufrimiento emocional se puede prolongar por muchos años, de no contar con formas adecuadas para elaborar la experiencia traumática.

Lo anterior, además se agudiza cuando muchas mujeres no buscan el resarcimiento, porque se sienten intimidadas por ciertas actitudes culturales como la hostilidad de los esposos o compañeros, de las familias, de las comunidades y hasta de la misma Policía. O cuando las mujeres que se atreven a denunciarlo se enfrentan a un sistema que tolera la violencia contra las mujeres o protege a los autores, como en muchas zonas de nuestro país, o cuando se refuerzan con ideas arraigadas en nuestra cultura

²¹ Noticia criminal No. 110016000049201201003, Fiscalía 4ª Seccional de Buenaventura, adscrita a la Dirección Seccional de Fiscalías de Buga.

ra que niegan la autonomía de las mujeres sobre la sexualidad y la reproducción, y que vinculan el honor a la sexualidad.

1.1. Respuesta del Estado: impunidad

De acuerdo con la Convención Americana de los DDHH (artículo 1.1.) el Estado Colombiano tiene la obligación internacional de respetar y garantizar los derechos humanos. El deber de respeto se concreta en la abstención por parte de los agentes del Estado de cometer algún tipo de violación a los DDHH y el deber de prevenir, investigar, sancionar y reparar los daños ocasionados a las víctimas.

Además de las obligaciones contenidas en la Convención Americana, en casos de violencia en contra de las mujeres los Estados deben atender a las disposiciones contenidas en la Convención Interamericana para prevenir, sancionar y erradicar la violencia contra la mujer -Convención Belém do Pará-, ratificada por Colombia en 1996. De acuerdo con este instrumento internacional, en su artículo 7, los Estados partes deben actuar con la debida diligencia para prevenir, investigar y sancionar la violencia contra la mujer. Para dimensionar la magnitud de esta obligación se recurre a la definición que de la misma hace la Corte Interamericana de DDHH:

*“Esta obligación implica el deber de los Estados Partes de organizar todo el aparato gubernamental y, en general, todas las estructuras a través de las cuales se manifiesta el ejercicio del poder público, de manera tal que sean capaces de asegurar jurídicamente el libre y pleno ejercicio de los derechos humanos. Como consecuencia de esta obligación los Estados deben prevenir, investigar y sancionar toda violación de los derechos reconocidos por la Convención y procurar, además, el restablecimiento, si es posible, del derecho conculcado y, en su caso, la reparación de los daños producidos por la violación de los derechos humanos”*²²

Adicionalmente en casos de violencia contra las mujeres, la Corte Interamericana de DDHH de manera reciente ha establecido alcances adicionales al deber de investigar cuando hay un contexto general de violencia contra la mujer, con el fin de protegerlas y erradicar la violencia en su contra:

“293. La Corte considera que el deber de investigar efectivamente, siguiendo los estándares establecidos por el Tribunal (supra párrs. 287 a 291) tiene alcances adicionales cuando se trata de una mujer que sufre una muerte, maltrato o afectación a su libertad personal en el marco de un contexto general de violencia contra las mujeres. En similar sentido, la Corte Europea ha dicho que cuando un ataque es motivado por razones de raza, es particularmente importante que la investigación sea realizada con vigor e imparcialidad, teniendo en cuenta la necesidad de reiterar continuamente la condena de racismo por parte de la sociedad y para mantener la confianza de las minorías en la habilidad de las autoridades de protegerlas de la amenaza de violencia racial. El criterio anterior es totalmente

²² Corte Interamericana de DDHH, Caso Velásquez Rodríguez, Sentencia del 29 de julio de 1988, Serie C No. 4, párr. 166.

*aplicable al analizarse los alcances del deber de debida diligencia en la investigación de casos de violencia por razón de género”*²³.

Estas obligaciones son *vinculantes* para el Estado Colombiano en casos de violencia sexual. A pesar de existir en Colombia un mayor reconocimiento y rechazo público de la violencia sexual; de haberse impulsado dentro de la Fiscalía General de la Nación algunos instrumentos tendientes a mejorar la investigación en este tipo de crímenes²⁴; de contarse con importante jurisprudencia de la Corte Suprema de Justicia y de la Corte Constitucional que garantizan los derechos de las víctimas de la violencia sexual, es una problemática que permanece casi en un cien por ciento en la impunidad, especialmente en aquellos casos ocurridos con ocasión del conflicto armado interno. Impunidad entendida como la falta de investigación, persecución, captura, enjuiciamiento y condena de los responsables²⁵; estado que propicia la repetición crónica de las violaciones de derechos humanos y la total indefensión de las víctimas, lo que se constituye en el imaginario social en un mensaje de tolerancia y aceptación de las violencias contra las mujeres como orden natural.

De acuerdo con información suministrada por la Fiscalía al 11 de mayo de 2012 se registran 393 casos de violencia sexual con ocasión del conflicto armado que actualmente se investigan o se han investigado por parte de esta entidad, de los cuales 124 se encuentran en las fiscalías seccionales o especializadas y 269 en la Unidad Nacional de DDHH y DIH.

De acuerdo con la Fiscalía de los 393 casos que se han investigado sobre violencia sexual (un número bastante reducido para la magnitud de la violencia sexual en Colombia) solo en el 3.5% de los casos equivalentes a 14 eventos, existe sentencia, de los cuales 11 terminaron con sentencia condenatoria y 3 con sentencia absolutoria²⁶. Estos datos constatan la afirmación realizada por la Mesa de Seguimiento al Auto 092 de 2008 anexo reservado en su último informe sobre el estado de impunidad en el que se encuentran la totalidad de los 183 casos remitidos por la Corte Constitucional con ocasión de dicha providencia.

Incluso otros casos que han alcanzado un grado de visibilización importante dentro de la opinión

²³ Corte Interamericana de DDHH, Caso González y otras (“Campo Algodonero”) Vs. México, sentencia del 16 de noviembre de 2009, párr. 293.

²⁴ Como por ejemplo la Resolución número 0266 de 2008, y el memorando 117 del 10 de diciembre de 2008.

²⁵ Corte I.D.H., Caso Ivcher Bronstein. Sentencia de 6 de febrero de 2001. Serie C número 74, párr. 186; Corte I.D.H., Caso del Tribunal Constitucional. Sentencia de 31 de enero de 2001. Serie C número 71, párr. 123; Corte I.D.H., Caso Bámaca Velásquez. Sentencia de 25 de noviembre de 2000. Serie C número 70, párr. 211. Tomado de: La jurisprudencia de la corte interamericana de Derechos humanos en materia de acceso a la justicia e impunidad, Manuel E. Ventura Robles Taller sobre Democracia Derechos Humanos, y Estado de Derecho (San José, Costa Rica, 5 al 7 de septiembre de 2005).

²⁶ Respuesta de la Fiscalía General de la Nación a derecho de petición enviado por el R. Iván Cepeda Castro, del 11 de mayo de 2012.

pública, como es el de las los niños en Arauca que fueron víctimas de violencia sexual y posterior homicidio presuntamente a manos de un integrante del ejército nacional, hoy en día avanza lánguidamente, así lo constata la Alta Comisionada de DDHH de las Naciones en su informe sobre Colombia de 2011:

“El proceso judicial por la violación de dos niñas y el posterior asesinato de una de ellas y de sus hermanos, de 14, 9 y 6 años de edad, ocurrido en octubre de 2010 en Arauca y presuntamente cometido por un miembro del Ejército, no había concluido en 2011. El acusado ha cambiado por lo menos siete veces de abogado defensor, lo cual ha dilatado el proceso y podría haber afectado las pruebas. La juez inicialmente encargada de este proceso, Gloria Constanza Gaona, fue asesinada en marzo, pero no se ha establecido con certeza si el crimen estuvo relacionado o no con el juicio por la muerte de los tres”²⁷.

En el marco de la Ley 975 de 2005 la situación es igualmente preocupante, luego de más de siete años, y a pesar de que existen miles de denuncias por hechos de violencia sexual en contra de presuntos paramilitares, los postulados han sido renuentes a confesar este tipo de crímenes.

De acuerdo con datos de la Fiscalía a mayo de 2011 se habían confesado 54 hechos de violencia sexual, en 39 de dichos casos se habían realizado imputaciones, en 31 casos existía formulación de cargos y solo en un caso hay sentencia.

“En diciembre de 2011, el “Tribunal Superior del Distrito Judicial de Bogotá profirió sentencia condenatoria de 18 años de prisión contra José Rubén Peña Tobón, Wilmer Morelo Castro y José Manuel Hernández Calderas, por varios delitos, entre los que se encuentran hechos de violencia sexual en contra de menores de edad”²⁸.

Sobre las causas que llevan a la negación del derecho de acceso a la justicia y a la consolidación de la impunidad, La Corte Constitucional Colombiana en el Auto 092 de 2008 confirmó a partir de la información presentada por las organizaciones feministas y de DDHH de las Mujeres, las siguientes: La desconfianza ante el sistema de justicia por parte de las mujeres víctimas; el miedo a las retaliaciones por parte de los victimarios y la falta de acompañamiento y protección estatal; el subregistro oficial, la inexistencia de sistemas oficiales de monitoreo, protocolos y documentación; factores culturales de estigmatización; la ignorancia y desinformación de las mujeres sobre sus derechos y los procedimientos a seguir; la subvaloración y distorsión de los crímenes perpetrados por parte de las autoridades encar-

gadas de su reporte e investigación clasificándolos como delitos pasionales; la distorsión en la tipificación de los crímenes; la inexistencia de sistemas de atención a las víctimas sobrevivientes; la inexistencia de sistemas de formación a funcionarios públicos; la impunidad de los perpetradores; el miedo de las autoridades a investigar o ingresar a las zonas de conflicto y la dificultad para acceder a servicios básicos²⁹.

Barreras que de acuerdo a los informes de la Mesa de Seguimiento al Auto 092 de 2008 a pesar de los esfuerzos de algunos organismos del Estado, permanecen invariables casi en su totalidad.

Además de los obstáculos atrás mencionados que fueron sistematizados por la Corte Constitucional, la Defensoría del Pueblo ha encontrado otros obstáculos que dificultan el acceso a la justicia de las víctimas como se describen a continuación:

1. La falta de investigación de oficio por parte de las autoridades, son un grave obstáculo para la investigación de los delitos de violencia sexual. La Defensoría delegada para la Niñez y la Mujer ha conocido casos en los que los operadores jurídicos tienen la creencia que en este tipo de casos la justicia es rogada, por lo que se justifican en ello para no emprender acciones de manera oficiosa que contribuya a establecer la verdad y reparar de manera integral a las víctimas. Adicionalmente, bajo la creencia de que en estos casos la justicia debe ser rogada, se traslada la carga de la prueba a la víctima.

2. En algunos casos los representantes judiciales no realizan los esfuerzos suficientes para establecer contacto con la víctima y para garantizar su participación en los procesos judiciales. Si bien, algunas de estas falencias se atribuyen a razones de tipo institucional como la forma en la que están distribuidos los representantes judiciales en las diferentes etapas del proceso, quienes no acompañan durante todo el proceso a la víctima, sino que los representantes varían en cada fase del proceso: audiencias de versiones libres, audiencia de imputación de cargos e incidentes de reparación, es obligación de los funcionarios en todas las etapas del proceso hacer todos los esfuerzos posibles para contactar a las víctimas y garantizarles su participación en el mismo.

3. En relación con el derecho a la participación de la víctima en los procesos judiciales se ha percibido que existe una resistencia a escuchar la opinión de las mujeres que han sido víctimas de este tipo de delitos y a controvertir la versión del victimario.

4. El desconocimiento del marco internacional de derechos humanos de las mujeres y de los avances normativos contenidos en la Ley 1257 de 2008, por parte de los operadores de justicia, así como la falta de sensibilización sobre los derechos humanos, y especialmente sobre los derechos de las víctimas y los derechos de las mujeres.

5. El desconocimiento por parte de los operadores jurídicos de que ciertas conductas diferentes al

²⁷ Informe de la Alta Comisionada de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos sobre la situación de los Derechos Humanos en Colombia, A/HRC/19/21/Add.3, pág. 27.

²⁸ El Estado y la violencia sexual contra las mujeres en el marco de la violencia sociopolítica en Colombia. Informe presentado por organizaciones de mujeres y de derechos humanos a La Representante Especial del Secretario General para Violencia Sexual en el marco de los conflictos armados, Señora Margoth Wallström. Bogotá, 16 de mayo de 2012.

²⁹ Corte Constitucional Colombiana, Auto 092 de 2008.

acceso carnal violento constituyen crímenes de violencia sexual como lo es la desnudez forzada, entre otras conductas.

6. La existencia de un lenguaje estereotipado y de un trato discriminatorio y revictimizante por parte de todos los funcionarios, especialmente en la etapa de práctica de pruebas, a lo que se suma la existencia de limitaciones y la precariedad en las técnicas de valoración de la ocurrencia del abuso sexual en víctimas y victimarios.

7. Contrario a lo que establecen las disposiciones internacionales que regulan esta problemática, los testimonios de las víctimas no se consideran como pruebas suficientes para probar los delitos de violencia sexual e incluso son puestos en tela de juicio. Adicionalmente, existe una sobreevaluación de la prueba física en contraposición con otras pruebas como los relatos de víctimas y testigos.

8. La ausencia de redes sociales de apoyo efectivo, así como la ausencia de una política eficaz en salud mental y atención psicosocial que brinde las herramientas suficientes y adecuadas para la atención a las víctimas.

9. Las condiciones sociales o laborales que configuran un prejuicio o un estigma que impiden el ejercicio del derecho a la justicia.

10. La relación de subordinación que se genera con los abogados que ejercen la representación judicial de las víctimas.

11. El énfasis que hacen los operadores jurídicos en el componente de indemnización en la reparación, dejando de lado los otros componentes de una reparación integral.

12. La existencia de amenazas contra mujeres líderes, víctimas de violencia sexual como mecanismo de intimidación y presión para que abandonen sus procesos organizativos y la denuncia sobre este tipo de crímenes que configuran crímenes de lesa humanidad de acuerdo a los instrumentos internacionales y que acarrearán serias consecuencias sobre sus autores. Estas amenazas que se han extendido a las organizaciones que las acompañan y a la Defensora Delegada para los Derechos de la Niñez, la Juventud y la Mujer.

13. La implementación inadecuada e insuficiente de los programas de protección gubernamentales, especialmente el programa regulado por el Decreto 4912 de 2011, en cabeza de la Unidad Nacional de Protección y del Ministerio del Interior.

2. Propuestas contenidas en el proyecto de ley

2.1. Capítulo I. Disposiciones generales

El primer capítulo señala el objeto de la ley y presenta una definición de la violencia sexual para efectos de la aplicación de la ley propuesta.

Sobre el Objeto de la ley.

El objeto de la ley es la adopción de medidas para garantizar el derecho de acceso a la justicia de las víctimas de violencia sexual, en especial de la violencia sexual asociada al conflicto armado interno, desde un enfoque de derechos humanos y diferencial.

La violencia sexual con ocasión del conflicto armado es diferente a la violencia intrafamiliar. Es una violencia que expresa los intereses de poder de los actores armados. Como hemos dicho, se toma el cuerpo de las mujeres como territorio de guerra, como mecanismo para humillar a las mujeres y también a la población civil. Es una estrategia para dominar toda una comunidad.

La violencia sexual en desarrollo del conflicto armado merece tratarse de manera específica por parte del Estado, acorde a los estándares internacionales, tipificando explícitamente las conductas que se dan en este contexto y tomando medidas que faciliten el acceso a la justicia de las víctimas de este delito.

Sobre la violencia sexual

El tratamiento jurídico de la violencia sexual ha cambiado a través de la historia; desde el no reconocimiento y la naturalización de estos hechos en los contextos de conflictos armados hasta su reconocimiento por sí misma como una grave violación a los DDHH y a su juzgamiento bajo determinadas circunstancias como crímenes de guerra, de lesa humanidad, o actos de genocidio.

En el Derecho Internacional Humanitario, la evolución también ha sido pausada. En el Cuarto Convenio de Ginebra de 1949 la violación sexual y la prostitución forzada durante un conflicto armado eran consideradas como un atentado contra el honor de las mujeres, lo que no constituía solo un acto contrario al derecho internacional humanitario. Con los Protocolos Adicionales a los Convenios de Ginebra en 1977, estos crímenes llegaron a tenerse como un atentado contra la dignidad personal, no obstante fue solo hasta los años noventa, cuando se consolida la visión de la violencia sexual como grave crimen, en 1992 el Comité Internacional de la Cruz Roja sostuvo que la violación sexual era una grave infracción al derecho internacional humanitario de acuerdo con el artículo 147 del Cuarto Convenio de Ginebra.

Posteriormente con la creación de dos tribunales establecidos por el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas para juzgar crímenes cometidos en conflictos específicos, el tribunal Penal para la Ex Yugoslavia y para Ruanda se avanzó en el establecimiento de responsabilidad individual a nivel internacional, al recoger dentro de sus estatutos la violación sexual como crimen de lesa humanidad y como crimen de guerra. Hasta la fecha su jurisprudencia ha sido tal vez la más destacada en la materia. Dentro de las sentencias más relevantes se encuentran: Akayesu (Ruanda, 1998), Furundzija (ex Yugoslavia, 1998), Delalic (ex Yugoslavia 1998), Kunarac y otros (ex Yugoslavia, 2001).

Finalmente los avances tenidos hasta entonces fueron retomados en el Estatuto de Roma, instrumento que reconoce como bajo ciertas circunstancias la violencia sexual puede ser un crimen de lesa humanidad, un crimen de guerra o una forma de genocidio. Adicionalmente este instrumento reconoce otras formas de violencia sexual, además del acceso carnal y establece normas de procedimiento y prue-

bas específicas para este tipo de casos. Calificación de la violencia sexual que fue adicionalmente reconocida en las resoluciones del Consejo de Seguridad de Naciones Unidas 1820 y 1888.

Atendiendo a esta evolución del derecho internacional de los DDHH y del DIH, en el proyecto de ley se afirma que la violencia sexual es una grave violación a los DDHH, y que de acuerdo con las circunstancias en que ocurren los hechos, la violencia sexual, pueden constituirse en un acto de genocidio, un crimen de guerra, o un crimen de lesa humanidad.

Es importante destacar que esta definición no solo se ha limitado a la violencia sexual que ocurre dentro de los conflictos armados, sino de aquella que ocurre con posterioridad a acuerdos de negociación política del conflicto, a los procesos de desarme, desmovilización y reinserción.

2.2. Capítulo II. De los tipos penales

Si bien la violencia sexual es una práctica que está claramente prohibida de acuerdo con los estándares internacionales en la materia, integrados por el Bloque de Constitucionalidad según lo establece el artículo 93 de la Constitución Política, tal y como lo afirmó Amnistía internacional en su último informe de 2011 sobre violencia sexual en nuestro país: “Eso es lo que nosotras exigimos, que se haga justicia.” *impunidad por actos de violencia sexual cometidos contra mujeres en el conflicto armado de Colombia*, Colombia debe cumplir con sus obligaciones de complementariedad, de acuerdo con el cual en la legislación interna debe ser adecuada a dichos estándares.

Atendiendo a la obligación que pesa sobre el Estado Colombiano de armonizar la legislación interna con los desarrollos del derecho internacional se propone introducir una serie de modificaciones en el título sobre delitos contra personas y bienes protegidos por el derecho internacional humanitario, y sobre el título que consagra los delitos contra la libertad, integridad y formación sexuales del Código Penal (Ley 599 de 2000).

Se incluyen crímenes sexuales intolerables que no están reconocidos en el Código Penal. Se incluyen de manera expresa dentro del Código Penal conductas criminales de gravedad que si bien pueden estar subsumidas en conductas actualmente tipificadas han sido ignoradas por los operadores jurídicos, es el caso de la esterilización forzada y la desnudez forzada, las cuales actualmente se encuentran penalizadas como actos sexuales violentos, sin que ello haya implicado investigaciones al respecto. Como se pueden ver arriba en las estadísticas de la encuesta realizada por la Corporación Casa de la Mujer y Oxfam este tipo de conductas son recurrentes en ocasión del conflicto armado, sin embargo, repetimos, por no estar explícitas en el código penal no se investigan. Este tipo de conductas son de tal gravedad que han sido reconocidas cuando se presentan de manera sistemática o generalizada como crímenes de lesa humanidad de acuerdo con el Estatuto de Roma.

La violencia sexual sin fuerza física, bajo amenaza o aprovechándose de una relación de poder, no deja de ser violencia sexual. Se incorpora la definición que trae los elementos de los Crímenes del Estatuto de Roma a través de la definición de la violencia en el Código Penal (Ley 599 de 2000), definición que coincide con el contenido que de la misma ha hecho la jurisprudencia de la Corte Suprema de Justicia en el país, con el propósito de eliminar todo tipo de duda en los operadores jurídicos, en donde se pueda limitar el significado de la violencia a la utilización de la fuerza física.

La Corte Suprema de Justicia en variadas sentencias ha aclarado el significado de la “violencia” confirmando el sentido que en el presente proyecto de ley se hace explícito³⁰. La Corte Suprema de Justicia aclara que las conductas que incurrir en violencia en los casos de violencia sexual se deben entender en el siguiente sentido:

*“lo jurídicamente relevante para constatar la tipicidad objetiva de la acción es establecer si la conducta [...] imputada se ejecutó doblegando la voluntad de la víctima”*³¹.

Sin importar si la violencia física existe o no. La Corporación Humanas en el documento “Estudio de la jurisprudencia colombiana en casos de delitos sexuales cometidos contra mujeres y niñas” afirma al respecto: “Del estudio de las sentencias se puede concluir que la violencia física es la fuerza o la agresión que pretende coartar la libertad o la integridad física para hacer desaparecer la voluntad mientras que la moral se refiere a un acto de consecuencias psíquicas para conseguir el mismo fin.”³² y complementa diciendo que “se entiende que [la violencia se da] ya sea mediante la fuerza, el constreñimiento, la presión física o psíquica, una vía de hecho o agresión, actos de intimidación o amenaza, coacciones o chantajes, o el error o el engaño, la consecuencia debe ser el sometimiento de la voluntad de la víctima por parte de la del agresor.”³³

³⁰ Corte Suprema de Justicia, Sala de Casación Penal, proceso 9401 del 8 de mayo de 1996; proceso 10672, sentencia del 18 de septiembre de 1997; proceso 17068, sentencia del 26 de noviembre de 2003; proceso 24096, sentencia del 6 de abril de 2006; proceso 25743, sentencia del 26 de octubre de 2006; proceso 20413, sentencia del 23 de enero de 2008; proceso 21691, sentencia del 17 de septiembre de 2008; proceso 25578, sentencia del 8 de octubre de 2008; proceso 29308, sentencia del 13 de mayo de 2009; proceso 21749, sentencia del 10 de junio de 2009; proceso 23508, sentencia del 23 de septiembre de 2009; proceso 32192, sentencia del 28 de octubre de 2009. Así también lo han entendido algunos fallos estudiados de segunda y primera instancia: Tribunal Superior de Bogotá, proceso 2007-00401, sentencia del 26 de febrero de 2008; Juzgado Penal del circuito de Bogotá, proceso 2007-03473, sentencia del 30 de marzo de 2009.

³¹ Corte Suprema de Justicia, Sala de Casación Penal, proceso 21105, sentencia del 29 de julio de 2008; proceso 26013, sentencia del 6 de mayo de 2009; proceso 21749, sentencia del 10 de junio de 2009; proceso 23508, sentencia del 23 de septiembre de 2009.

³² “Estudio de la jurisprudencia colombiana en casos de delitos sexuales cometidos contra mujeres y niñas”. Corporación Humanas. 2010. P. 101.

³³ Ibidem.

Por último, en todos los informes de la del Grupo de Memoria histórica que hacen parte del proyecto de “Memorias de Guerra y Género: víctimas, combatientes y resistentes” coordinado por la profesora María Emma Wils se evidencia que muchos actos sexuales y violaciones contra las mujeres y/o niñas por parte de los actores del conflicto armado ocurren sin acudir a la fuerza física. Las mujeres, en muchos casos, dado el contexto de coacción y atemorizadas frente a la situación de una toma para militar, por ejemplo, pierden la capacidad de tomar decisiones libremente. Son violadas sin ningún tipo de agresión física y resistencia, pero es un acto violento contra las mujeres dado que no es consentido, la voluntad está absorbida por el temor, por el abuso de poder, por la amenaza, por esa guerra que no es de ellas y que las involucra indignamente en la faceta más íntima de una mujer.

Precisar el uso del término “con ocasión del conflicto armado” es de vital importancia para el presente proyecto de ley. En el Título II. -Delitos contra personas y bienes protegidos por el Derecho Internacional Humanitario- del Libro II – Parte especial de los delitos en particular- del Código Penal (Ley 599 de 2000) aparece el término “En Ocasión y en desarrollo del conflicto armado”. Basados en la a resolución de la ONU “Analytical & conceptual framing of conflict-related sexual violence” y en recomendaciones de la Comisión Colombiana de Juristas se propone usar exclusivamente el término “en ocasión del conflicto” y omitir el término “y en desarrollo” pues éste limita las conductas criminales a aquellas que suceden en medio de un hostigamiento. Las evidencias de los testimonios, las investigaciones de organizaciones internacionales (Human Right Watrch, Amnistía Internacional, Oficina de la Alta Comisionada para los Derechos Humanos de la ONU) y organizaciones nacionales que defienden los Derechos Humanos de las mujeres (Casa de la Mujer, Sisma Mujer, Humanas, entre otras), y las denuncias de los medios de comunicación muestran que hay muchas conductas criminales que se pueden asociar al conflicto armado y que no suceden en medio de un hostigamiento. Es decir suceden en ocasión del conflicto armado pero no en desarrollo del conflicto armado.

La resolución de la ONU arriba citada precisa en qué sentido se puede entender el conflicto armado. El organismo multilateral habla de conductas asociadas al conflicto armado. Hemos decidido usar el término “en ocasión del conflicto armado” dado que es el que usa el Código Penal. Sin embargo, el significado del término “en ocasión del conflicto armado” lo retomamos de dicha resolución y en seguida lo explicitamos.

Se entiende por violencia sexual con ocasión del conflicto armado interno aquella que ocurre durante el conflicto o en una etapa de posconflicto, ejercida contra cualquier persona y que tiene un vínculo temporal, geográfico y/o causal, directo o indirecto, con el conflicto armado interno.

Se entiende que un hecho de violencia sexual tiene un vínculo temporal con el conflicto armado interno, cuando ocurra con proximidad en el tiem-

po a ataques de mayor envergadura como masacres, desplazamientos forzados, tomas y destrucción de poblaciones, entre otros.

Un hecho de violencia sexual tiene un vínculo geográfico con el conflicto armado interno, cuando uno o varios de los grupos armados ejercen control sobre una zona determinada.

Se entenderá que un hecho de violencia sexual tiene un vínculo de causalidad con el conflicto armado interno, cuando:

1. Se ejerce como mecanismo para alcanzar objetivos políticos y/o militares, como el amedrentamiento hacia la población, la retaliación, el avance en el control territorial y de recursos, la obtención de información, el silenciamiento y el temor, entre otros.

2. Es ejercida por actores armados contra integrantes de ese grupo o contra niños y niñas reclutadas.

3. Es derivada de hechos de violencia sociopolítica asociada al conflicto armado, entendiendo por violencia sociopolítica aquella ejercida por motivos políticos o por razones de discriminación social.

2.3. Capítulo III. De la investigación y juzgamiento

En el tercer se establecen mecanismos y reglas que a nuestro juicio facilitan y orientan las investigaciones en estos casos, retomando de especial manera los avances jurisprudenciales a nivel nacional e internacional sobre la materia.

El artículo 12 denominado derechos y garantías de las víctimas de violencia sexual sistematiza disposiciones que se encuentran dispersas en diferentes normas, entre ellas en el código penal, en la Ley 1257 de 2008, en la Ley 1448 de 2011, en la Ley 1438 de 2011; en la Ley 360 de 1997; y en la Ley 1098 de 2006. Adicionalmente se agregan algunos derechos y garantías dirigidas a proteger la integridad y bienestar de las víctimas durante la recepción de la denuncia y durante el proceso de investigación judicial, las cuales atienden las especiales necesidades de las mujeres, niñas, niños y adolescentes. Para el cumplimiento del conjunto de derechos y garantías establecidos en este artículo las instituciones involucradas en la atención, investigación, juzgamiento y sanción, tendrán que rendir un informe al Comité de Seguimiento, evidenciando los esfuerzos administrativos que han debido realizar para lograr su plena satisfacción.

Adicionalmente, en este capítulo se busca atender al principio de integración, el cual tiene como fundamento el artículo 93 de la Constitución Política, según el cual se han incorporado los crímenes de lesa humanidad en la jurisdicción interna. Así lo ha establecido de manera reiterada la sala penal de la Corte Suprema de Justicia, en tal sentido ha afirmado:

“(…) la no incorporación en la legislación interna de una norma que en estricto sentido defina los delitos de lesa humanidad, no impide su reconocimiento a nivel nacional, porque con base en el principio de integración –artículo 93 de la Carta

*Política- debe acudir a los instrumentos internacionales que por virtud del bloque de constitucionalidad obligan en la interpretación y aplicación de las normas*³⁴.

Sin embargo, dicha claridad sobre la incorporación de los crímenes de lesa humanidad en la jurisdicción interna, no ha traído como consecuencia la investigación y sanción correspondientes en los casos de violencia sexual que puedan llegar a configurar este tipo de crímenes. Dentro de las razones para que esto ocurra, está la en primer lugar, la metodología de investigación utilizada, que trae como consecuencia una gran dispersión en las investigaciones, de allí que el mismo Fiscal General de la Nación esté proponiendo un giro en las investigaciones sobre los delitos cometidos por estructuras organizadas de poder³⁵, y en segundo lugar el desconocimiento y el temor de algunos operadores jurídicos en la aplicación de las normas que prohíben y sancionan los crímenes de lesa humanidad en virtud del bloque de constitucionalidad

*“Pese a que en el ordenamiento jurídico nacional no existe una tipificación de la violencia sexual como crimen de lesa humanidad, el Estado colombiano tiene el deber de investigar, acusar y sancionar a los responsables de estas conductas conforme los estándares del Derecho Internacional de los Derechos Humanos, en tanto su vigencia interna marca una pauta de judicialización, máxime cuando Colombia ha ratificado el Estatuto de Roma y en este sentido, de acuerdo con Kai Ambos, significa la asunción de un compromiso diferenciado de persecución penal de crímenes internacionales, pues con ella no sólo se revela (o confirma) su voluntad de comprometerse en la persecución y sanción de estos crímenes sino que específicamente se admite que en caso de incumplimiento (...) sea la Corte Penal Internacional el Órgano autorizado a llevar adelante el proceso”*³⁶.

Ante esta situación el proyecto de ley establece dos disposiciones de especial importancia, la primera se encuentra establecida en el artículo 13, en la que se establecen criterios para adelantar investigaciones penales sobre violencia sexual con ocasión del conflicto armado, dirigidos a incluir un enfoque de investigación de crímenes de sistema, estableciendo como criterios de la investigación la necesidad de determinar el contexto en que ocurrieron los hechos de la investigación, así como la existencia de sistematicidad o generalidad en la comisión de la conducta que se investiga, la pertenencia del sujeto activo a un aparato organizado de poder, entre otros.

Como se ha establecido internacionalmente existen aparatos de poder, amparados bajo el poder político del Estado, y han existido aparatos de poder por fuera del Estado, la denominada criminalidad organizada, así por ejemplo la Corte Suprema de Justicia ya ha establecido que los grupos paramilitares han actuado en nuestro país como aparatos organizados de poder. Este enfoque de investigación tiene como propósito principal establecer responsabilidades y sanciones a los integrantes de quienes participan en estas estructuras criminales que han estado involucrados en la comisión de casos de violencia sexual con ocasión del conflicto armado, conductas que de acuerdo con la Corte Constitucional “es una práctica habitual, extendida, sistemática e invisible”³⁷.

Ante esta realidad surge la segunda disposición, establecida en el artículo 14, denominada crimen de lesa humanidad como verdad judicial, según la cual la autoridad judicial que adelante la investigación y juzgamiento en un caso de violencia sexual, en el que determine que la conducta que se investiga se inscribe, hace parte o es cometida en el contexto de un ataque generalizado o sistemático y con conocimiento de dicho ataque, deberá declarar que dicha conducta es de lesa humanidad. Disposición que cobra especial relevancia especialmente como mecanismos para garantizar el derecho a la verdad y a la justicia de las víctimas de esta grave violación a los Derechos Humanos.

La declaración formal de la violencia sexual como crimen de lesa humanidad, no solo permite proteger los bienes jurídicos tradicionales protegidos con la tipificación establecida en la Ley 599 de 2000, especialmente la libertad, la formación e integridad sexual, sino que también envía el mensaje de la gravedad de este tipo de conductas cuando se configura como crímenes de lesa humanidad, los cuales ofenden y vulneran la condición misma del ser humano y la conciencia de la humanidad³⁸.

Adicionalmente dentro de los efectos de que se declare formalmente una conducta como un crimen de lesa humanidad se encuentran los siguientes: la imprescriptibilidad de la acción penal, la responsabilidad internacional de los responsables, la no aplicación del principio de la obediencia debida para eludir el castigo, y la imposibilidad de que se conceda asilo o refugio a los responsables.

En este sentido y atendiendo al principio de *pacta sunt servanda*, Colombia tiene la obligación de ajustar su legislación interna frente a los tratados ratificados por Colombia, en este sentido el Estatuto de Roma fue claro al establecer la imprescriptibilidad de los crímenes de guerra, de lesa humanidad y de genocidio.

Tal y como lo ha expresado la Corte Constitucional, si bien el artículo 28 de la Carta Política establece que la pena aplicada para cualquier tipo de delito, incluidos los de lesa humanidad, no es imprescriptible, no ocurre lo mismo con la acción penal³⁹.

³⁴ Corte Suprema de Justicia. Auto de 21 de septiembre de 2009. Radicado 32022. Página 208.

³⁵ Gustavo Gallón, Fiscalía: antes garantizar que “priorizar”, 12 de julio de 2012, http://www.coljuristas.org/documentos/columnas/fiscalia_antes_garantizar_que_priorizar.html

³⁶ Corporación Sisma Mujer, Crímenes de lesa humanidad, violencia sexual y justicia de género en Colombia, abril de 2011, <http://www.sismamujer.org/sites/default/files/publicaciones/SISMA%20MUJER%20Vsx%20CRIMEN%20LESA%20HUMANIDAD.pdf>

³⁷ Corte Constitucional Colombiana, Auto 092 de 2008.

³⁸ Elementos de los Crímenes de la Corte Penal Internacional, artículo 7°, parágrafo 1°.

³⁹ Corte Constitucional, Sentencia C-580 de 2002.

“(…) acorde con la prohibición expresa del artículo 28, la pena aplicada, para cualquier tipo de delito, incluidos los de lesa humanidad, no es imprescriptible. Cosa diferente ocurre con la acción penal, en cuyo caso, (...) se hace menester realizar un balanceo con los derechos de los procesados. En consecuencia, efectivamente el delito en sí mismo es imprescriptible, dice la Corte Constitucional, lo que faculta la posibilidad de investigarlo en cualquier tiempo.”

De allí que en el artículo 15 del proyecto de ley puesto a consideración se establezca con claridad la imprescriptibilidad de los crímenes de lesa humanidad, de guerra y genocidio, conductas que son crímenes internacionales.

Adicionalmente el artículo 16 establece de manera precisa la obligación de los funcionarios judiciales de adelantar investigaciones por hechos que constituyen violencia sexual de manera oficiosa, sin que sus avances dependan de la colaboración de la víctima.

El artículo 17 introduce los principios de prueba en los casos de violencia sexual del estatuto de la Corte Penal Internacional, si bien estos principios ya fueron introducidos al ordenamiento Jurídico Colombiano de manera expresa a través de la Ley 1448 de 2011, se incluyen en la presente iniciativa por dos razones, la primera por la vigencia limitada en el tiempo de la Ley 1448 de 2011 (10 años), y la segunda al considerar que estos principios de prueba deben ampliarse, de tal manera que sean atendidos por el personal de policía judicial, de Medicina Legal, Ministerio Público, de Fiscalía, y de Judicatura durante el recaudo, práctica y valoración de las pruebas.

En el artículo 18 se señalan algunos elementos como criterios para la conducción de la investigación en los casos de violencia sexual, los cuales surgen preponderantemente de reglas jurisprudenciales que ha creado la Corte Constitucional Colombiana y la Corte Suprema de Justicia al estudiar casos de violencia sexual, pronunciamientos que tienen a su vez respaldo en jurisprudencia internacional, las cuales sin embargo no son aún lo suficientemente conocidas por los operadores jurídicos

A manera de ejemplo: Sobre la ausencia de rastros de espermatozoides, fluidos, ADN, o lesiones en el cuerpo de la víctima, como razón insuficiente para concluir la no ocurrencia de la conducta ni eximir de responsabilidad al presunto agresor, la Corte Suprema de Justicia, Sala de Casación Penal, en el proceso 23790, sentencia del 7 de septiembre de 2006, manifestó: el acceso carnal no *“depende para su consumación de huellas espermáticas, líquidos o fluidos genéticos para su estructuración. Por ello, el sentido hermenéutico de la referida norma no está condicionado a un elemento objetivo (espermatozoides)”*.

En la misma sentencia la Corte Suprema reiteró que la ausencia de desfloración puede estar relacionada con que el himen es dilatado, o porque la penetración solo llega hasta el introito vaginal.

Sobre el criterio relacionado con la necesidad de atender el contexto en que ocurrieron los hechos criminales y los patrones que explican su comisión, es una disposición que tienen como respaldo en importante pronunciamiento de la Corte Constitucional, especialmente la sentencia T-842 de 2011, y de la Corte Interamericana de Derechos Humanos, como por ejemplo en el Caso González y otras (Campo Algodonero) vs. México de 2009.

Sobre el valor del testimonio de la víctima especialmente cuando es menor de edad, o la conducta se cometió en espacios cerrados y sin testigos, la jurisprudencia de las altas cortes ha resaltado la importancia del testimonio de las víctimas. Así lo hizo la Corte Suprema de Justicia, Sala de Casación Penal⁴⁰ y la Corte Constitucional, quién ha afirmado:

“Respecto del carácter de prueba esencial, la Corte Constitucional ha establecido que dadas las circunstancias en las que estos delitos suelen producirse con víctima y autor solos en un espacio sustraído a la observación por parte de testigos, debe procederse en muchos casos a una prueba de indicios en la que adquiere suma importancia la declaración de la víctima”⁴¹.

Así entonces, pese a la existencia de jurisprudencia garantista frente a los derechos de las víctimas de violencia sexual, tal y como se pudo dilucidar en una investigación realizada por la Corporación Humanas Colombia, en casos resueltos por jueces de instancia se desconoce este tipo de jurisprudencia. A manera de ejemplo respecto de la valoración de las pruebas físicas:

“La Corte Suprema ha desarrollado una importante jurisprudencia en la cual, bajo el criterio orientador de la valoración en conjunto de la prueba y la credibilidad del testimonio de las víctimas de delitos sexuales, se llega a establecer la responsabilidad de los victimarios, aunque se carezca de evidencia de carácter físico. Sin embargo, esta postura no siempre es seguida por los juzgados y tribunales que exigen prueba científica para establecer el estado de incapacidad de resistir o la ruptura del himen para la verificación en el delito de acceso carnal”⁴².

En el artículo 19 de manera explícita se establece que la violencia sexual no podrá ser competencia de la jurisdicción penal militar al considerar que este tipo de conductas jamás podrán tenerse como un acto del servicio, al ser una conducta que se constituye por sí misma en una grave violación a los DDHH y en determinados casos una grave violación al DIH. Esta prohibición ha sido ratificada entre otros por los siguientes pronunciamientos:

⁴⁰ Ver: proceso 23706, sentencia del 26 de enero de 2006; proceso 24468, sentencia del 30 de marzo de 2006; proceso 28742, sentencia del 13 de febrero de 2008 y proceso 29740, sentencia del 19 de agosto de 2008.

⁴¹ Corte Constitucional, Sala de Revisión, sentencia T-554 del 10 de julio de 2003; sentencia T-458 del 7 de junio de 2007

⁴² Corporación Humanas, Estudio de la jurisprudencia colombiana en casos de delitos sexuales cometidos contra mujeres y niñas, Bogotá, 2010, Pág 161.

“La CIDH y la Corte Interamericana han sido enfáticas en señalar que cuando los casos de violencia sexual son cometidos por miembros de la fuerza pública no pueden ser considerados como un acto del servicio y, por tanto, no pueden ser adelantados por la jurisdicción penal militar. Así fue considerado en los casos de las Hermanas Ana, Beatriz y Celia González Pérez vs. México (CIDH, 2001a, párr. 82) y en el caso Valentina Rosendo Cantú (Corte IDH, 2010a, párr. 161) e Inés Fernández Ortega vs. México (2010b), todas ellas mujeres indígenas, víctimas de violencia sexual por parte de miembros de las fuerzas militares. En el mismo sentido, la Corte Constitucional Colombiana ha señalado que las conductas que constituyan violaciones a los Derechos Humanos o infracciones al derecho internacional humanitario, como pueden ser las de violencia sexual, no pueden ser consideradas un acto del servicio (sentencias C-578 de 1995, C-358 de 1997 y C-578 de 2002)”⁴³.

En el artículo 20 se crea el “Comité Técnico Jurídico de la Fiscalía General de la Nación para la investigación de la Violencia Sexual”, conformado por delegados(as) de alto nivel de las dependencias de esa Institución, involucradas y/o especializadas en la investigación de delitos sexuales, con el objetivo de institucionalizar acciones permanentes de análisis, monitoreo y definición de técnicas y estrategias de investigación acordes con un enfoque de Derechos Humanos de las mujeres y de niños, niñas y adolescentes, que tenga en cuenta las necesidades, vulnerabilidades y riesgos específicos de las víctimas de violencia sexual con un enfoque diferencial, en los casos de violencia sexual asociados al conflicto armado. Las recomendaciones y orientaciones técnicas emanadas de este Comité, para la investigación de estos casos, constituirán herramientas de investigación que deberán ser atendidas por el Fiscal a cargo de la investigación.

Sin desconocer las acciones previas de fortalecimiento interno que con una finalidad similar ha promovido la Fiscalía, esta medida pretende institucionalizar y dar mayor alcance e impacto a tales acciones, especialmente teniendo en cuenta que las barreras de acceso a la justicia se acentúan en las zonas geográficas que tienen una débil institucionalidad o en las que los operadores de justicia presentes no cuentan con formación especializada, ni son suficientemente sensibles a los riesgos e impactos desproporcionados del conflicto armado sobre la vida de las mujeres y las/los niños y adolescentes, ni menos aún frente a la violencia sexual como una de las peores manifestaciones de tales riesgos.

Según respuesta remitida por la Fiscalía General de la Nación, en el primer trimestre de 2012, frente al informe de Amnistía Internacional “*Eso es lo que nosotras exigimos, que se haga justicia. Impunidad por actos de violencia sexual cometidos contra mujeres en el conflicto armado de Colombia*”, existen Centros de Atención a Víctimas

CAIVAS o CAVIF en 28 ciudades del país⁴⁴, de los que solamente los primeros incluyen la atención especializada a víctimas de violencia sexual (un total de 26), y si bien constituyen un modelo positivo de atención interdisciplinaria e interinstitucional, para mejorar la atención a las víctimas de violencia sexual, su existencia no garantiza la comprensión adecuada del fenómeno de la violencia sexual asociada al conflicto armado, ni asegura el desarrollo de técnicas de investigación que incorporen un enfoque diferencial y de Derechos Humanos, atendiendo a los estándares internacionales que vinculan al Estado Colombiano, que redunden finalmente en la superación de la impunidad en estos casos. Además, muchos operadores de justicia, acompañan su labor cotidiana de creencias, actitudes y prácticas discriminatorias o revictimizantes hacia las mujeres, niños y niñas que sufren la violencia sexual.

De esta manera, habilitar el acceso de las víctimas a una instancia especializada que realice monitoreo especializado y defina estrategias y técnicas de investigación útiles para los casos de violencia sexual que se producen con ocasión del conflicto armado, impulsará el desarrollo de lineamientos que no puedan ser desconocidos por los fiscales locales y seccionales, ni por el personal adscrito o concurrente en las labores de investigación forense y de policía judicial (se incluyen aquí las comisarias de familia), con el fin de que su labor sea más diligente, eficaz y garante de los derechos de las víctimas de violencia sexual. Adicionalmente, promoverá el análisis y abordaje especializado según las diferentes modalidades de la violencia sexual, su adecuación típica, los sistemas de imputación penal, el contexto en que se desarrolla la violencia sexual, los patrones de conducta de los diferentes agresores, la aplicación concreta de normatividad y jurisprudencia internacional en esta materia, etc., elementos de análisis que no siempre tienen a su alcance los operadores de justicia locales y cuya aplicación no puede estar sujeta (aunque también lo requiere) a la implementación progresiva de programas de formación o capacitación.

El monitoreo que este Comité realice sobre casos de violencia sexual en zonas afectadas por el conflicto armado o altamente militarizadas, contribuirá también a superar el desequilibrio que las víctimas de hechos de violencia sexual ocurridos en las zonas con débil capacidad institucional enfrentan cuando intentan acceder a la justicia, al tener a su alcance la posibilidad de solicitar por sí mismas o a través de su representante judicial, de la Defensoría del Pueblo o de la organización que la acompañe, el monitoreo y orientación especializados del Comi-

⁴³ Mesa del Auto 092 de 2008, Acceso a la Justicia para mujeres víctimas de violencia sexual, cuarto informe de seguimiento al Auto 092 de 2008, 2011. Pág. 23.

⁴⁴ Entre las que se encuentran Armenia, Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cartago, Cali, Palmira, Cartagena, Cúcuta, Fusagasugá, Leticia, Florencia, Ibagué, Manizales, Medellín, Montería, Neiva, Pasto, Pereira, Popayán, Quibdó, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Villavicencio, Yopal y Riohacha. Con el objetivo de dar continuidad a estos modelos, se avanza en su implementación en las ciudades de Valledupar, Soacha y San Andrés Islas.

té Técnico Jurídico, para que exista una actuación diligente por parte del fiscal local o seccional que conozca del caso.

Si bien mediante Memorando 046 de junio de 2009 proferido por la Dirección Nacional de Fiscalías, acogido posteriormente por la Resolución número 3788 de 2009 del Fiscal General, se conformó un grupo de trabajo institucional para abordar y formular estrategias investigativas y asistenciales destinadas a las víctimas de los delitos relacionados con la violencia de género, y para promover la articulación de acciones tendientes a incorporar la perspectiva de género al interior de la Fiscalía General de la Nación, su funcionamiento ha sido inconstante, sujeto a los enfoques definidos por los Fiscales Generales que han asumido la titularidad de la Institución en los últimos años, con atribuciones de alcance general y abstracto⁴⁵, con carácter discrecional, no enfocadas a la intervención y seguimiento sobre casos particulares, y sin posibilidad de que la víctima o terceros facultados legalmente o con interés legítimo (como sería el caso de la organización que acompaña a la víctima, su representante judicial o la Defensoría del Pueblo), invoque la intervención del Comité cuando se adviertan debilidades institucionales o falta de diligencia por parte de los operadores de justicia locales.

Adicionalmente, en muchos casos la violencia sexual está acompañada de otros delitos que por su naturaleza diversa son investigados en procesos independientes, pero que no siempre los operadores de justicia atienden a su conexidad con los hechos de violencia sexual y por esta causa se producen eventos de victimización secundaria, por lo cual se confiere al Comité la atribución de impartir orientaciones técnicas adicionales para que en las diferentes actuaciones procesales se atienda la situación especial de la víctima, y la posible conexidad de la violencia sexual con los hechos objeto de las diferentes investigaciones.

Este Comité, además, facilitará la implementación de la presente ley, de forma armonizada con avances legislativos previos, como las Leyes 1257 de 2008 (de no violencia contra las mujeres), 1098 de 2006 (Código de Infancia y Adolescencia), 985 de 2005 (trata de personas), y 1448 de 2011. Particularmente, la formulación e implementación del protocolo de investigación de delitos sexuales en el marco del conflicto armado con medidas diferenciales para mujeres, niños, niñas y adolescentes, que ordena el artículo 38, parágrafo de la Ley de Víctimas, se fortalecerá a partir de las medidas establecidas en esta ley y con la gestión del Comité Técnico Jurídico.

⁴⁵ Algunas de esas funciones son: a) formular propuestas específicas en el abordaje de investigaciones por violencia de género, y la atención de víctimas de este tipo de delitos; b) fomentar la sensibilización y formación en perspectiva de género y derecho internacional de los derechos humanos; c) propiciar las acciones conducentes a fortalecer procesos de investigación, sistemas de indicadores, estadísticas, información y divulgación desde la perspectiva de género; y, d) facilitar la coordinación interinstitucional en el abordaje de la violencia de género en Colombia.

2.4. Capítulo IV. Medidas de protección

A pesar del reconocimiento que el Auto 092 de 2008 hiciera de la violencia sexual como uno de los principales riesgos de género que enfrentan las mujeres en el marco del conflicto armado, y de la determinación, en favor de las mujeres víctimas, de una “presunción constitucional de vulnerabilidad acentuada”, como criterio fundamental para facilitar su acceso a la atención, a la protección y a la justicia, son reiteradas las denuncias públicas motivadas en la ausencia de medidas de protección efectivas.

El reciente informe de Amnistía Internacional, sobre la impunidad por actos de violencia sexual cometidos contra mujeres en el conflicto armado en Colombia, describe esta problemática señalando que, “[L]a falta de protección de las sobrevivientes es uno de los obstáculos principales para que se haga justicia y una razón primordial de que las mujeres sean reacias a denunciar. También es un obstáculo importante para las mujeres que sí denuncian y que luego reciben amenazas y sufren ataques para disuadirlas de seguir luchando por la justicia”⁴⁶.

La Mesa de Seguimiento al Auto 092 de 2008 (Anexo Reservado), asimismo, dentro del monitoreo de aproximadamente 40 casos de violencia sexual asociada al conflicto armado, ha encontrado que “en más de la mitad de estos 40 casos, la sobreviviente recibió amenazas después de denunciar la violencia sexual a las autoridades. De estas sobrevivientes, menos de la mitad recibieron protección del Estado. Además, algunas de las mujeres sufrieron amenazas o se vieron obligadas a huir incluso después de recibir protección del Estado”⁴⁷. De esos casos, acompañados por las organizaciones de mujeres que conforman la Mesa, “solo ocho casos han recibido protección por parte del Estado, siendo efectiva en solo cuatro casos”⁴⁸. Puede afirmarse, por ende, que el acceso a la justicia (la formulación de la denuncia y la participación a lo largo de las diferentes etapas del proceso judicial), conlleva en sí mismo, para las víctimas, el riesgo de nuevas vulneraciones de sus derechos.

Se precisa entonces, la definición de criterios y reglas de procedimiento más acordes con los estándares internacionales que vinculan al Estado colombiano en materia de protección, dejando a un lado la recurrente falta de comprensión de las necesidades y derechos de las víctimas sobrevivientes de la violencia sexual. Se resaltan los siguientes estándares, de acuerdo a la normatividad internacional aplicable por vía de bloque de constitucionalidad⁴⁹:

⁴⁶ AMR 23/018/2011, septiembre de 2011, disponible en: <http://www.amnesty.org/sites/impact.amnesty.org/files/Colombia-Que-se-haga-justicia.pdf>.

⁴⁷ Referencia a los hallazgos de la Mesa de Seguimiento del Auto 092 de 2008 —Anexo reservado—, contenida en el Informe sobre impunidad por actos de violencia sexual cometidos contra mujeres en conflicto armado en Colombia, “Eso es lo que nosotras exigimos. Que se haga justicia”, de Amnistía Internacional (citado arriba).

⁴⁸ *Ibidem*, p. 52.

⁴⁹ Referidos por Amnistía Internacional en el mismo informe, a partir del principio 6 de la *Declaración sobre los Principios Fundamentales de Justicia para*

- Las sobrevivientes de la violencia sexual deben ser tratadas con humanidad y respeto a su dignidad y sus Derechos Humanos.

- Lo anterior demanda de las autoridades nacionales, el suministro de protección y apoyo efectivos.

- Las medidas que se adopten, deben ser adecuadas y suficientes para garantizar la seguridad, el bienestar físico y psicológico y la intimidad de las sobrevivientes, así como los de sus familias.

- Las víctimas deben poder participar en el proceso judicial, exponiendo sus opiniones y preocupaciones en las etapas apropiadas de las actuaciones, sin perjuicio de los derechos del acusado y en un proceso justo e imparcial.

Adicionalmente, la Mesa de Seguimiento al Auto 092 de 2008 (Anexo Reservado), en su último informe, teniendo como marco de referencia el Sistema Interamericano de Protección de Derechos Humanos⁵⁰, alude a la seguridad personal como “garantía indispensable para el acceso a la justicia y a un recurso judicial efectivo”, que constituye una “obligación derivada del principio de debida diligencia”, según lo determina la Corte Interamericana:

“Los Estados tienen el deber de iniciar ex officio, sin dilación y con debida diligencia, una investigación seria, imparcial y efectiva, tendiente a establecer plenamente las responsabilidades por las violaciones. Para asegurar este fin es necesario, in-

las Víctimas de Delitos y del Abuso de Poder, según el cual, “se facilitará la adecuación de los procedimientos judiciales y administrativos a las necesidades de las víctimas: [...] b) Permitiendo que las opiniones y preocupaciones de las víctimas sean presentadas y examinadas en etapas apropiadas de las actuaciones siempre que estén en juego sus intereses, sin perjuicio del acusado y de acuerdo con el sistema nacional de justicia penal correspondiente. [...] d) Adoptando medidas para minimizar la molestia causada a las víctimas, proteger su intimidad, en caso necesario, y garantizar su seguridad, así como la de sus familiares y la de los testigos en su favor, contra todo acto de intimidación y represalia”. Asimismo, se invoca el principio 10 de los Principios y Directrices básicos sobre el derecho de las víctimas de violaciones manifiestas de las Normas Internacionales de Derechos Humanos y de Violaciones Graves del Derecho Internacional Humanitario a interponer recursos y obtener reparaciones, en virtud del cual, “Las víctimas deben ser tratadas con humanidad y respeto de su dignidad y sus derechos humanos, y han de adoptarse las medidas apropiadas para garantizar su seguridad, su bienestar físico y psicológico y su intimidad, así como los de sus familias. El Estado debe velar por que, en la medida de lo posible, su derecho interno disponga que las víctimas de violencia o traumas gocen de una consideración y atención especiales para que los procedimientos jurídicos y administrativos destinados a hacer justicia y conceder una reparación no den lugar a un nuevo trauma”. Igualmente, constituyen marco de referencia, el artículo 68 (1) del Estatuto de Roma de la Corte Penal Internacional, y las Directrices sobre la justicia en asuntos concernientes a los niños víctimas y testigos de delitos, del Consejo Económico y Social de la ONU.

⁵⁰ “Acceso a la justicia para mujeres víctimas de violencia sexual”, Cuarto Informe de Seguimiento al Auto 092 de la Corte Constitucional, mayo de 2011, disponible en: <http://www.slideshare.net/Coljuristas/acceso-a-lajusticiaparamujeres>.

*ter alia, que exista un sistema eficaz de protección de operadores de justicia, testigos, víctimas y sus familiares”*⁵¹.

Si bien se reconocen avances progresivos en ciertos programas de protección, las deficiencias persisten para las víctimas de violencia sexual, lo que se convierte en la mayoría de los casos, en la principal barrera para denunciar y participar en los procesos judiciales. Estas deficiencias, de acuerdo a lo constatado por las organizaciones de mujeres que hacen seguimiento al Auto 092 de 2008⁵², por la Defensoría del Pueblo⁵³, y por organizaciones internacionales⁵⁴, radican en:

- Prevalencia de un criterio reactivo -no preventivo-; se exige a la víctima encontrarse “en una situación de amenaza extrema o extraordinaria, es decir, debe estar ya amenazada o haber sufrido un ataque”, lo que conlleva una carga probatoria que las mujeres víctimas no están condiciones psicosociales ni físicas de cumplir.

- Se mantiene asimismo la exigencia de la previa denuncia para que proceda la petición de protección y su análisis y resolución por parte de la Fiscalía General de la Nación. Situación que se correlaciona con la mirada tradicional según la cual la protección está condicionada a la *participación procesal eficaz* de la víctima en la investigación (en tanto testigo directo de los hechos), para ayudar a identificar e individualizar al autor (visión instrumental)⁵⁵.

- Desconocimiento de las vulnerabilidades, riesgos y necesidades especiales de las víctimas de violencia sexual, que involucran un alto componente psicosocial y que en realidad demandan una resolución previa a la denuncia, justamente para posibilitarla.

⁵¹ Caso La Rochela (Corte IDH, 2007, párr. 194), citado en el Informe “Acceso a la Justicia para mujeres víctimas de violencia sexual”, de la Mesa de Seguimiento al Auto 092 de 2008, Anexo reservado.

⁵² En el Cuarto Informe de Seguimiento, citado arriba.

⁵³ A partir de la experiencia de acompañamiento psicosocial y jurídico a mujeres víctimas de violencia de género y sexual desarrollada desde el año 2010 por la Defensoría Delegada para los Derechos de la Niñez, la Juventud y la Mujer, la cual a partir de 2012, con apoyo de la cooperación internacional (Fondo de Justicia Transicional – Programa de Fortalecimiento a la Justicia de PNUD y Embajada del Reino de los Países Bajos) cuenta con una estrategia de “círculos de acompañamiento psicosocial y de formación para el fortalecimiento del derecho a la participación de mujeres víctimas de violencia sexual”, cuya ejecución en 3 ciudades (Pasto, Medellín y Cali), durante el primer semestre de 2012, contó con la participación de 72 mujeres víctimas de violencia sexual (algunas de ellas también lideresas defensoras de derechos humanos), ha permitido identificar diversas barreras en el acceso a la justicia.

⁵⁴ Se destaca especialmente el informe de Amnistía Internacional citado atrás.

⁵⁵ El criterio de eficacia de la intervención del protegido, constituye la condición principal de la protección, según se desprende de los artículos 9º y 10 de la Resolución 0-5101 de 2008 de la Fiscalía General de la Nación, “Por medio de la cual se reglamenta el Programa de Protección y Asistencia a Testigos, Víctimas e Intervinientes en el proceso penal de la Fiscalía General de la Nación”.

- Desconocimiento de la Ley 1257 de 2008 en materia de protección, particularmente del mandato contenido en el artículo 18, con relación a las medidas especiales y expeditas a que tiene derecho toda mujer víctima de violencia en ámbitos diferentes al familiar (incluida la violencia sexual en el marco del conflicto armado).

- Ausencia generalizada de un enfoque de Derechos Humanos y de una perspectiva de género en los diferentes programas de protección⁵⁶.

- Prevalencia de medidas de protección “físicas”, no adaptadas a las necesidades de las víctimas de violencia sexual para facilitar su acceso a la justicia y garantizar su participación segura y digna en diligencias judiciales.

- Demoras excesivas entre el momento de la solicitud y la resolución de la petición de protección.

- Desigualdad de tratamiento para las víctimas de hechos cuya investigación es conducida por fiscales locales o seccionales en zonas geográficas con débil presencia estatal y mayor control de actores armados. Según la Mesa de Seguimiento al Auto 092 de 2008, *“la conducción de investigaciones por parte de fiscalías seccionales puede poner en peligro la seguridad de las mujeres y de sus familias en casos específicos. Para las mujeres que se han visto obligadas a desplazarse después de los hechos de violencia sexual, adelantar el proceso penal en el lugar donde sucedieron los hechos, las obliga a retornar a territorios que todavía se encuentran controlados por actores armados y que ejercen amenazas e intimidación en su contra. Por otro lado, en el caso de mujeres desplazadas, la conducción de procesos en los lugares de origen puede llevarlas a incurrir en costos económicos de los que muchas no disponen”*⁵⁷.

- Cuando se trata de mujeres víctimas que adicionalmente tienen la calidad de lideresas defensoras de derechos humanos, no existen medidas de protección que contemplen el fortalecimiento de su derecho a la participación y de su liderazgo. Por el contrario, las medidas tienden a generar aislamiento, debilitamiento o renuncia al liderazgo. Las me-

didias de protección para las mujeres lideresas, en cualquiera de los programas, debería impactar positivamente su labor de liderazgo, en términos de fortalecimiento, reconocimiento y visibilidad de su condición de defensoras de Derechos Humanos.

Las reglas contenidas en el Capítulo IV buscan contribuir a la superación de las deficiencias identificadas, mediante el establecimiento de criterios uniformes a los diferentes programas de protección, con especial atención a los programas de protección de la Fiscalía General de la Nación, y en consideración a la situación de vulnerabilidad específica de las víctimas de violencia sexual en el marco del conflicto armado.

2.5. Capítulo V. Atención psicosocial

La atención psicosocial, constituye una esfera fundamental para la restitución efectiva de derechos de las víctimas de violencia sexual, considerando que esta forma de violencia, *“puede tener un impacto realmente devastador en la vida de las sobrevivientes, sobre todo si estas son rechazadas por sus familias y comunidades y no reciben la asistencia adecuada para recuperarse del daño físico y mental causado”*⁵⁸.

El fundamento normativo según el cual se exige a los Estados proporcionar a las sobrevivientes de la violencia sexual atención para su salud integral y rehabilitación (lo que incluye la asistencia psicológica y psiquiátrica), es igualmente conocido e indiscutible⁵⁹.

⁵⁸ Así, constatado por Amnistía Internacional en su informe sobre impunidad por actos de violencia sexual cometidos contra mujeres en el conflicto armado en Colombia.

⁵⁹ El principio 14 de la *Declaración sobre los Principios Fundamentales de Justicia para las Víctimas de Delitos y del Abuso de Poder* (citado por Amnistía Internacional en su informe), establece: *“Las víctimas recibirán la asistencia material, médica, psicológica y social que sea necesaria, por conducto de los medios gubernamentales, voluntarios, comunitarios y autóctonos”*, y el principio 15: *“Se informará a las víctimas de la disponibilidad de servicios sanitarios y sociales y demás asistencia pertinente, y se facilitará su acceso a ellos”*. El Cuarto Informe de Seguimiento al Auto 092 de 2008 (Anexo Reservado), cita las fuentes internacionales más relevantes que desarrollan el derecho a la asistencia en salud física y mental con enfoque psicosocial para mujeres víctimas de violencia sexual en el conflicto armado:

- Artículo 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, el cual reconoce “el derecho de toda persona al disfrute del más alto nivel posible de salud física y mental”.

- El Comité para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer señala que las políticas y medidas sobre atención médica deben abordar los derechos de la mujer desde el punto de vista de sus propias necesidades, incluidos los factores psicosociales diferenciales entre el hombre y la mujer (ONU, Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra la Mujer, 1999, artículo 12, párr. 12.c).

- El Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas ha reconocido la importancia de los sistemas de salud y la atención psicosocial en la lucha contra la violencia sexual en el conflicto armado, particularmente en relación con mujeres, niños y niñas. Se trata de las Resoluciones número 1820 de 2000, 1888 de 2009 y 1960 de 2010 (esta última se refiere explícitamente a la necesidad de que

⁵⁶ Ninguno de los programas de protección existentes, se han armonizado a los principios y medidas especiales previstas en la Ley 1257 de 2008. Hasta la fecha, el único programa de protección que contempla criterios y reglas especiales para las mujeres beneficiarias, es el regulado por el Decreto 4912 de 2011 (por el cual se organiza el Programa de Prevención y Protección de los derechos a la vida, la libertad, la integridad y la seguridad de personas, grupos y comunidades del Ministerio del Interior y de la Unidad Nacional de Protección), para lo cual se adoptó en mayo de 2012, la Resolución número 0805 de 2012 del Ministerio del Interior (*Protocolo específico con enfoque de género y de los derechos de las mujeres a que se refiere el artículo 50 del Decreto 4912 de 2011*, el cual, una vez revisado por la Defensoría del Pueblo y por algunas organizaciones de mujeres, requiere algunas modificaciones).

⁵⁷ P. 59. Según señala este informe, además, la ausencia de medidas idóneas de protección en el marco de investigaciones adelantadas por fiscales seccionales, se acompaña de la mayor lentitud que frecuentemente se verifica en estos procesos, en contraste con la actuación de las Unidades Nacionales de la Fiscalía.

Reconociendo esta necesidad, tal como lo refiere la Mesa de Seguimiento al Auto 092 de 2008, “*la Corte Constitucional constató que dadas las características de extrema vulnerabilidad y las necesidades específicas de las mujeres víctimas de graves violaciones de Derechos Humanos y desplazamiento existe la necesidad de que en la prestación de los servicios de salud a las víctimas del conflicto armado, se incluya la atención psicológica y psiquiátrica especializada con enfoque psicosocial (T-045 de 2010, num. 5)*”. Lo anterior motivó la orden de la Corte dirigida al Ministerio de la Protección Social (hoy Ministerio de Salud) de diseñar e implementar “*protocolos, programas y políticas de atención en salud que respondan a las necesidades particulares de las víctimas del conflicto armado, sus familias y comunidades, especialmente en lo referido a la recuperación de los impactos psicosociales, producidos por su exposición a eventos traumáticos desencadenados por la violencia sociopolítica en el país. (Num. 6.4)*”.

Pero adicionalmente, para la Corte, “*la prestación de servicios de salud para las víctimas del conflicto debe realizarse con un enfoque psicosocial que integre el contexto de la situación y despatologice el análisis de la realidad de las víctimas (num. 5.5)*”. Por consiguiente, “*Una perspectiva meramente clínica de la situación*”, afirma la Mesa de Seguimiento al Auto 092 de 2008, “*no estaría acorde con el estándar establecido por la Sentencia*”⁶⁰.

La Ley 1257 de 2008, a su turno, consagra deberes específicos relacionados con la asistencia en salud, psicológica y psiquiátrica (artículo 8º, literales c y g).

A la fecha, no obstante, aunque el Ministerio de Protección Social ha realizado varios estudios sobre cómo aplicar la Sentencia T-045, “*no se ha puesto en práctica aún ningún programa de salud que responda efectivamente a las necesidades de las sobrevivientes del conflicto*”, situación que igualmente ha constatado la Defensoría del Pueblo.

De esta manera, las víctimas de violencia sexual continúan avocadas a la atención insuficiente e inidónea de un sistema de salud que no ha apropiado la perspectiva diferencial y psicosocial ordenada por la Corte Constitucional, que no responde a las necesidades especiales de las víctimas del conflicto armado, y que no comprende la relación e impacto de la atención psicosocial sobre la garantía efectiva del acceso a la justicia⁶¹.

los Estados “*aumenten el acceso a servicios de salud, asesoramiento psicosocial, asistencia letrada y servicios de reintegración socioeconómica de las víctimas de la violencia sexual, en particular en las zonas rurales*”.

⁶⁰ Ver páginas 60 a 62 del Informe “*Acceso a la justicia para mujeres víctimas de violencia sexual*”.

⁶¹ Según constata la Mesa de Seguimiento al Auto 092 en su Cuarto Informe, “*No existen en la actualidad centros de atención de víctimas u oficinas especializadas en violencia sexual en el conflicto que brinden acompañamiento a las víctimas, por ejemplo, ofreciéndoles información oportuna de sus casos, acompañamiento psicológico en las audiencias durante el proceso judicial, asistencia en la consecución de servicios de salud, y, en general, acompañamiento psicosocial antes, durante y después del proceso judicial*” (p. 61).

Según la Defensoría Delegada para los Derechos de la Niñez, la Juventud y la Mujer⁶², además del desarrollo de acciones puntuales como, la orientación jurídica, la interlocución con los representantes de las víctimas, la orientación del litigio desde la perspectiva de derechos particulares de las mujeres y las/los niños, el acompañamiento en las audiencias, la incidencia ante operadores de justicia y la activación de las rutas de coordinación interinstitucional, “*desde la perspectiva psicosocial, el acompañamiento se da a partir del reconocimiento del significado de los asuntos emocionales y los factores relacionales como elementos indispensables o protagonistas en el proceso de acceso a la justicia*”.

Tales acciones son necesarias, al constatar que la violencia sexual tiene impactos en la vida de las mujeres y las/los niños, reduciendo su capacidad de ejercicio de derechos, lo que conlleva a su vez barreras importantes en el acceso a la justicia, en virtud de los sentimientos de vergüenza y culpa, la desconfianza en la institucionalidad, los procesos de estigmatización y discriminación que al interior del aparato de justicia pueden presentarse por la ausencia de personal calificado y sensible, entre otros factores. Así, el acompañamiento puntual, circunscrito al contexto de los procesos judiciales o administrativos, es insuficiente para asegurar el cuidado emocional de las víctimas de violencia sexual, ya que estos procesos activan estructuras psíquicas, autobiográficas y relacionales que deben contenerse en espacios más especializados de atención, indispensables para: la construcción de relatos que otorguen nuevos significados a las afectaciones derivadas del hecho violento; el fortalecimiento emocional; el cuidado de sí; el empoderamiento para la nueva orientación del mundo emocional y relacional; y, asimismo, la disminución del riesgo de la victimización secundaria latente en las rutas de acceso a la justicia.

En este orden de ideas, el Capítulo V propende a: 1. la adecuación institucional del sector salud, para la apropiación real de una *perspectiva psicosocial* en la asistencia y atención en salud que se ofrece a las víctimas de violencia sexual; 2. integralidad de la atención psicosocial, con impacto en el fortalecimiento de la víctima para su participación dentro del proceso de acceso a la justicia; 3. la posibilidad, como medida transitoria, de suscribir convenios con organizaciones privadas expertas en atención psicosocial, para proveer servicios integrales e idóneos a las víctimas de violencia sexual, en cumplimiento de los parámetros establecidos por la Corte Constitucional en Sentencia T-045 de 2010.

⁶² En desarrollo de la estrategia de “*círculos de acompañamiento psicosocial y de formación para el fortalecimiento del derecho a la participación de mujeres víctimas de violencia sexual en el marco del conflicto armado*”, que cuenta con el apoyo de PNUD (Fondo de Justicia Transicional – Programa de Fortalecimiento de la Justicia) y de la Embajada del Reino de los Países Bajos, y que ejecuta la Fundación Círculo de Estudios Sociales y Culturales (organización experta en el acompañamiento psicosocial a mujeres víctimas).

2.6. Capítulo VI. Medidas de reparación

Sobre el derecho a la reparación la Corte Constitucional ha aclarado que en Colombia existe el derecho a la reparación de las víctimas, especialmente a partir del bloque de constitucionalidad y de la interpretación que hiciera del artículo 250 de la Constitución, de acuerdo con el Alto tribunal:

4.9.11.1. Del artículo 250 Superior que señala que el Fiscal General de la Nación debe “velar por la protección de las víctimas se desprende que la víctima o perjudicado por un delito goza de una protección constitucional. Esta protección, en una interpretación sistemática de la Constitución, en especial del derecho a acceder a la justicia y del bloque de constitucionalidad, comprende, entre otros, los derechos a la verdad, la justicia y la reparación”⁶³.

El derecho a la reparación establece que todas las víctimas de graves violaciones a los Derechos Humanos, dentro de las que se encuentran las víctimas de violencia sexual, deben recibir una reparación plena, proporcional a la gravedad de la violación y al daño causado, concepto inspirado en el ideal de *restitutio integrum*.

Este concepto de reparación es reafirmado por las disposiciones contenidas en los principios internacionales sobre la materia. Los Principios de Joinet actualizados por Diane Orentlicher así lo confirman en el principio 36, al establecer que “*El derecho a reparación debe cubrir la integralidad de los perjuicios sufridos por la víctima*”. Por su parte, los principios Van Boven actualizados por Alejandro Salinas afirman que las medidas de reparación deberán ser plenas, efectivas, apropiadas y proporcionales a la gravedad de la violación y a las circunstancias de cada caso (principio 18).

Para el cumplimiento de la reparación integral los estándares internacionales han establecido la existencia de 5 tipos de medidas que pueden ser implementadas, las cuales son: medidas de restitución, satisfacción, rehabilitación, indemnización y garantías de no repetición.

La restitución implica que siempre que sea posible se debe devolver a la víctima a la situación anterior a la violación de sus derechos. La indemnización consiste fundamentalmente en el pago en dinero por todos los perjuicios evaluables que sean consecuencia de violaciones de los derechos humanos o violaciones graves del DIH. La rehabilitación ha de incluir la atención médica y psicológica, así como servicios jurídicos y sociales que surgen como consecuencia de las violaciones cometidas. Las medidas de satisfacción deben incluir medidas como la verificación de los hechos y la revelación pública y completa de la verdad; una disculpa pública que incluya el reconocimiento de los hechos y la aceptación de las responsabilidades; conmemoraciones y homenajes a las víctimas, entre otras; por último, las garantías de no repetición deben buscar, como su nombre lo indica, la prevención de una nueva victimización.

Este Congreso reconoció explícitamente los derechos de las víctimas y en especial el Derecho a la Reparación en la Ley 1448 de 2011, no obstante este es un instrumento que con excepción del procedimiento establecido para la restitución de tierras es una propuesta de reparación administrativa. De allí que aún sea necesario pensar en mecanismos que permitan satisfacer a cabalidad los derechos de las víctimas que acuden a los procesos judiciales.

El principio de reparación integral, si bien tiene algunos desarrollos concretos en la legislación interna⁶⁴, y ha fundamentado decisiones judiciales con criterios más garantistas en la adopción de medidas de reparación (especialmente en el campo de la jurisdicción contencioso administrativa), encuentra límites en su aplicación, justificados por el principio del debido proceso (artículo 29 constitucional), del cual se deriva el principio de congruencia, en virtud del cual se prohíbe al juez fallar *extra* o *ultra petita*. Es así como pueden producirse eventos de insuficiente reparación (incumplimiento del principio de reparación integral), derivados fundamentalmente de la *insuficiente o inadecuada petición* de reparación por parte de la víctima, quien por regla general no comparece a la justicia por su propia cuenta, sino a través de un representante judicial.

Una primera y grave evidencia en el marco de la Ley de Justicia y Paz la constituye el contenido del fallo proferido el 1º de diciembre de 2011, con-

⁶⁴ Ver por ejemplo, el artículo 16 de la Ley 446 de 1998: “Valoración de Daños. Dentro de cualquier proceso que se surta ante la Administración de Justicia, la valoración de daños irrogados a las personas y a las cosas, atenderá los principios de reparación integral y equidad y observará los criterios técnicos actuariales”. En virtud de esta disposición, la jurisdicción contenciosa administrativa ha desarrollado una línea jurisprudencial que admite reiteradamente la adopción de medidas de reparación “de justicia restaurativa” (medidas simbólicas y obligaciones de hacer), aun cuando no hayan sido solicitadas en las pretensiones de la demanda, ante hechos que constituyen graves violaciones a los derechos humanos. Ver entre otras, la sentencia de 20 de febrero de 2008 proferida por la Sección Tercera del Consejo de Estado, Exp. 16.996, C.P. Enrique Gil Botero, en la cual se señala: “Así las cosas, es claro que el juez mediante la ponderación del contenido del artículo 16 de la Ley 446 de 1998, con las demás disposiciones contenidas en el ordenamiento jurídico colombiano, puede arribar a decisiones que respeten plenamente las garantías fundamentales y procesales de las entidades o personas demandadas, sin que ello suponga que aquél deba pasar por inadvertido conductas y violaciones a Derechos Humanos, posición que está claramente proscrita por los lineamientos del derecho internacional que los protege y, adicionalmente, por el orden jurídico interno. Como corolario de lo anterior, debe puntualizarse que, en todas aquellas situaciones en las cuales el juez se enfrente a un evento de flagrante quebrantamiento de derechos humanos, el sistema jurídico interno debe ceder frente a los postulados contenidos en la Carta Política y en el orden internacional, para dar paso a medidas e instrumentos que permitan la protección efectiva y material de aquéllos. Entonces, es esa amplia gama normativa imperativa la que brinda ese haz de instrumentos a los funcionarios judiciales, bien a nivel interno o internacional, con el propósito de que restablezcan los derechos vulnerados y, adicionalmente, reparen de manera integral los daños derivados de tales transgresiones”.

⁶³ Corte Constitucional, Sentencia C-360 de 2007.

tra los postulados José Rubén Peña Tobón, Wilmer Morelo Castro y José Manuel Hernández Calderas, miembros del Bloque Vencedores de Arauca de las AUC⁶⁵, en el cual por primera vez, dentro del marco de la denominada “justicia transicional”, se confesaron conductas de violencia sexual con la connotación de crímenes de lesa humanidad, y se adoptaron órdenes judiciales de reparación específicas para las dos mujeres víctimas de violencia sexual partícipes en el proceso (las dos, menores de edad en el momento de comisión del delito de acceso carnal violento). La propia referencia que la Sala hiciera en dicha oportunidad, sobre las limitaciones existentes para conceder una reparación integral, justifican la transcripción del extracto pertinente (párrafo 625) en esta ocasión:

«[...] la Sala quiere manifestar su preocupación por las insuficientes peticiones en cuanto a medidas de rehabilitación y satisfacción, y más atendiendo el impacto tanto individual como colectivo que tienen los crímenes de connotación sexual. Extraña a la Sala que [...] no haya solicitado las indemnizaciones por perjuicios que saltaban a la vista por los evidentes daños a la vida en relación así como las manifiestas necesidades de rehabilitación que a partir de los dictámenes médicos pueden inferirse requieren las víctimas directas, en especial la señora [...], quien para el año 2009 manifestaba seguir afectada. [...] la Sala no puede fallar *extrapetitur*, y por ello se limitará a lo pedido [...]».

En ese caso particular, además, se pudo constatar que se presentaron dificultades adicionales⁶⁶, que tornaron más difícil el arribo a una decisión de reparación integral para estas víctimas:

- Considerable tiempo transcurrido entre cada etapa procesal: postulación (diciembre de 2007), versiones libres (año 2008), formulación de imputación (2009), legalización de cargos (2010) y sentencia respecto de las formulaciones parciales formuladas a los postulados y sobre las peticiones reparatorias (diciembre de 2011). Esto es, solo una etapa procesal agotada por año.

- Insuficientes elementos probatorios recaudados en etapas procesales previas, útiles para la posterior caracterización de los daños individuales causados a las víctimas de violencia sexual, en sede de incidente de reparación integral (dictámenes psicológicos y medicoforenses iniciales deficientes, que no daban cuenta clara de las afectaciones sufridas por cada víctima).

- Rotación de los representantes judiciales de las víctimas, en las diferentes etapas procesales.

⁶⁵ Sentencia del Tribunal Superior de Distrito Judicial de Bogotá –Sala de Justicia y Paz, de fecha 1º de diciembre de 2011, M.P. Léster María González Romero, Radicaciones 1100160002532008-83194 y 1100160002532007-83070.

⁶⁶ Dificultades que se identifican dentro de la labor de análisis que la Defensoría Delegada para los Derechos de la Niñez, la Juventud y la Mujer viene realizando dentro del proceso de elaboración del protocolo de investigación de delitos sexuales a cargo de la Fiscalía General de la Nación, conforme al mandato del artículo 38, parágrafo, de la Ley 1448 de 2011.

- Interrupción de la comunicación con las víctimas debido a que, para el momento del inicio del trámite del incidente de reparación integral, se desconocía la ubicación o paradero de las víctimas (situación subsistente en la fecha de la sentencia), lo que conllevó la imposibilidad de entrevistarlas y profundizar en la valoración específica de los daños individuales sufridos.

- Aunque el Tribunal en su parte motiva hace un reconocimiento de que ante hechos de violencia sexual, por la naturaleza del delito, *se presume el daño psicológico*, esta afirmación solo fundamentó la adopción de medidas referidas a atención psicológica (atención en salud), mas no tuvo el alcance de fundamentar la reparación del daño a la vida de relación, bajo el argumento de la *prohibición de fallar extrapetitur*, y a pesar de la demostración de que los hechos habían ocurrido siendo las víctimas menores de edad (no operó en el caso concreto, para efectos de la reparación integral, ninguna consideración especial a esa condición que justificara la ponderación del principio de congruencia en contraste con la protección reforzada constitucional que merecen las niñas).

Con el fin de superar los obstáculos identificados en materia de reparación integral, se proponen en el Capítulo VI reglas aplicables a los diferentes sistemas procesales, para: 1. Reforzar la participación de las víctimas en el proceso de reparación judicial; 2. Impulsar un rol más activo de los operadores jurídicos frente a la necesidad de garantizar reparaciones integrales a las víctimas de violencia sexual; 3. Prevenir las consecuencias negativas para la garantía de la reparación integral, que pueden generarse por causa de la actuación deficiente de los diferentes actores que dentro del incidente de reparación integral están llamados a velar por la garantía de los derechos e intereses de las víctimas, aun en su ausencia (representantes judiciales de víctimas, Ministerio Público, Fiscalía General de la Nación); y 4. Adicionar dentro de las funciones del Centro de Memoria Histórica la obligación de presentar un informe especial de carácter público, sobre violencia sexual con ocasión del conflicto armado en Colombia, a través del cual se buscará establecer la existencia de patrones de la ocurrencia de este tipo de conductas y describir el contexto regional en el que se desarrollaron, atendiendo a las causas sociales, económicas, políticas y culturales que permitieron la comisión de este tipo de violencia.

2.7. Capítulo VII. Otras disposiciones

Finalmente, en el capítulo VI se retoma la recomendación de la Oficina de la Alta Comisionada de Naciones Unidas para los DD. HH. sobre la necesidad de crear una política de erradicación de la violencia sexual por parte de las fuerzas armadas. En su informe sobre Colombia presentado a finales del mes de enero del año 2011 luego de señalar los avances que han significado la revisión por parte del Ministerio de Defensa Nacional de la Directiva Permanente No. 11 expedida en 2010 y dirigida a prevenir la violencia contra las mujeres y las niñas, recomendó que dichas medidas debían traducirse de manera efectiva en una política de tolerancia cero a

la violencia sexual entre los miembros de la fuerza pública, y a la necesidad de reforzar la responsabilidad del mando y la imposición de las sanciones correspondientes.

En consecuencia el proyecto de ley propone una “política integral de Derechos Humanos y DIH del Ministerio de Defensa”. Se crea una política de erradicación de la violencia sexual por parte del Ministerio de Defensa, política que deberá ser construida con los aportes de la Procuraduría General de la Nación, la Defensoría del Pueblo y organizaciones que trabajen en la materia. Esta política se hace urgente si se recuerda que de acuerdo con las cifras oficiales son precisamente integrantes de las fuerzas armadas quienes aparecen en los registros oficiales como los mayores presuntos autores de casos de violencia sexual dentro de los actores armados.

Por otra parte y retomando otra de las recomendaciones reiteradas por diversos organismos de protección de DD. HH. se crea un sistema único de información sobre violencia sexual a cargo del Dane que permitirá conocer la dimensión de esta problemática, monitorear los factores de riesgo de la violencia sexual y aportar elementos de análisis para evaluar las medidas adoptadas en materia de prevención, atención y protección.

A su vez, sin información confiable, sólida, coherente y unificada es imposible hacer una política pública para prevenir la violencia sexual en ocasión del conflicto armado y para evitar la impunidad que existe al respecto. Generar un sistema único de información al respecto responde a esta necesidad. El Dane, la institución encargada de la información estadística del país, se hará cargo de la construcción de dichos indicadores y de hacer pública esta información.

Finalmente, se fortalece el Comité de Seguimiento creado por el artículo 35 de la Ley 1257 de 2008, ley de violencias contra las mujeres, que tendrá a su cargo de manera adicional el monitoreo a la propuesta legislativa.

Dicho comité cumplirá una función fundamental en el acceso a la justicia por parte de las víctimas de violencia sexual, en especial las que viven en ocasión del conflicto armado. En este momento las instituciones encargadas de toda la ruta que debe existir en los casos de violencia sexual no se comunican, no comparten información, no se articulan los procesos y muchos de estos se repiten generando, por ejemplo, la revictimización. Este vacío en el acceso a la justicia genera altos costos de transacción, ineficiencia e inoperancia de la justicia, aumenta la impunidad, desmotiva la denuncia y, en muchos casos, humilla a la víctima. El comité tendrá como función hacer seguimiento a esta articulación institucional y a su vez tendrá invitados permanentes a las instituciones responsables de estos delitos. Estas reuniones promueven la comunicación, se articula, consolida y unifica

la información, se encuentran puntos críticos en los diferentes momentos de la ruta de justicia para las víctimas. La justicia en los casos de violencia sexual no debe operar de manera aislada, debe ser un cuerpo unificado que articula todos los elementos para obtener solo un fin: reparar los derechos violados de las víctimas y evitar totalmente la impunidad.

A manera de conclusión: La violencia sexual, un intolerable para la sociedad colombiana

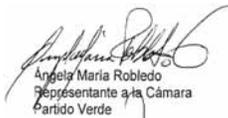
Las normas reseñadas ponen de presente dos aspectos que resultan fundamentales para los propósitos del proyecto de ley cuyos fundamentos explicamos: En primer término, un acuerdo fundamental de la sociedad colombiana para combatir toda forma de agresión, violencia o abuso sexual. Y, en segundo lugar, el reconocimiento de que el conflicto interno armado que padece nuestra nación desde hace ya varias décadas exacerba las condiciones históricas de discriminación en contra de la mujer; restringe las libertades y garantías de que esta debe gozar para el pleno ejercicio de sus derechos, incluidos los derechos sexuales y reproductivos, y acentúa la situación de vulnerabilidad.

En este orden de ideas, cabe señalar que el proyecto de ley que ponemos a consideración del honorable Congreso de la República se enmarca dentro de ese claro compromiso de hacer de la igualdad entre hombres y mujeres una realidad actuante.

Leemos con frecuencia una divisa que señala que “En el Congreso de la República vive la democracia”. Pues bien, el proyecto de ley que hoy ponemos a consideración de nuestros colegas, honorables Representantes a la Cámara y Senadores de la República, hace parte de esas iniciativas necesarias para hacer que la Constitución encarne en la vida de los colombianos y colombianas, y que de manera paulatina sea posible devolver la confianza en que sí es posible trabajar desde este Congreso para abordar el estudio serio de los grandes problemas nacionales, de la mano de hombres y mujeres que contribuyen con su conocimiento, con su experiencia, en la búsqueda de soluciones factibles a tales problemáticas.

A través de la discusión de esta iniciativa que hoy ponemos a consideración de nuestros colegas, Senadores y Representantes, esta divisa adquirirá entonces un sentido distinto. De una afirmación lacónica se transforma en una posibilidad: “Aquí puede vivir la democracia”, o expresado de otra manera, aquí podemos y debemos hacer que nuestra democracia se vaya perfeccionando para que deje de ser un enunciado vacío y se llene de contenido.

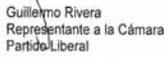
Presentamos a consideración del Congreso de la República este proyecto de ley, y confiamos en que su trámite exitoso logrará atender con prontitud los anhelos de justicia de las víctimas de violencia sexual.



Ángela María Robledo
Representante a la Cámara
Partido Verde



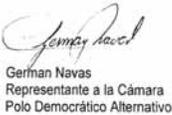
Iván Cepeda
Representante a la Cámara
Polo Democrático Alternativo



Guillermo Rivera
Representante a la Cámara
Partido Liberal



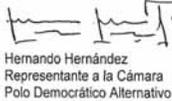
John Sudarsky
Senador
Partido Verde



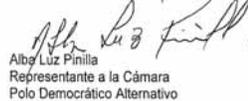
German Navas
Representante a la Cámara
Polo Democrático Alternativo



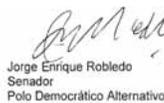
Nancy Denise Castiño García
Representante a la Cámara
Partido Liberal



Hernando Hernández
Representante a la Cámara
Polo Democrático Alternativo



Alby Luz Pinilla
Representante a la Cámara
Polo Democrático Alternativo



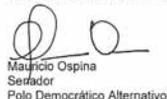
Jorge Enrique Robledo
Senador
Polo Democrático Alternativo



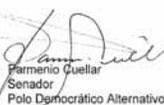
Wilson Arias
Representante a la Cámara
Polo Democrático Alternativo



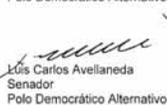
Gloria Inés Ramírez
Senadora
Polo Democrático Alternativo



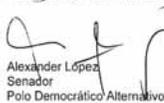
Mauricio Ospina
Senador
Polo Democrático Alternativo



Parmenio Cuellar
Senador
Polo Democrático Alternativo



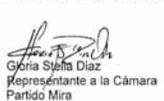
Luis Carlos Avellaneda
Senador
Polo Democrático Alternativo



Alexander López
Senador
Polo Democrático Alternativo



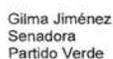
Carlos Pinilla
Representante a la Cámara
Partido Verde



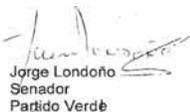
Gloria Stella Díaz
Representante a la Cámara
Partido Mira



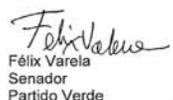
Alfonso Prada
Representante a la Cámara
Partido Verde



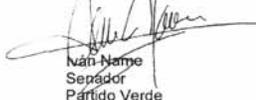
Gilma Jiménez
Senadora
Partido Verde



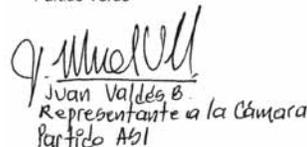
Jorge Londoño
Senador
Partido Verde



Félix Varela
Senador
Partido Verde



Iván Naranjo
Senador
Partido Verde



Juan Valdés B.
Representante a la Cámara
Partido ASÍ

CÁMARA DE REPRESENTANTES SECRETARÍA GENERAL

El día 25 de julio del año 2012 ha sido presentado en este despacho el Proyecto de ley número 037, con su correspondiente exposición de motivos, por los honorables Representantes Ángela Robledo, Iván Cepeda y otros honorables Representantes y honorables Senadores.

El Secretario General,

Jesús Alfonso Rodríguez Camargo.

PROYECTO DE LEY NÚMERO 038 DE 2012 CÁMARA

por medio de la cual se declara Patrimonio Cultural de la Nación el Festival de la Chicha y Muestras de las Tradiciones Culturales del Caribe Colombiano, que se celebra en el corregimiento de El Carito, municipio de Santa Cruz de Lorica, departamento de Córdoba, y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de la República de Colombia

DECRETA

Artículo 1°. Declárese Patrimonio Cultural de la Nación al Festival de la Chicha y Muestras de las Tradiciones Culturales del Caribe Colombiano, el cual se celebra cada año durante la segunda semana del mes de diciembre en el corregimiento de El Carito, municipio de Santa Cruz de Lorica, departamento de Córdoba.

Artículo 2°. La Nación, mediante el Ministerio de Cultura como formulador de políticas públicas culturales, podrá incorporar en el Presupuesto General de la Nación las apropiaciones para contribuir a la promoción, protección, desarrollo y financiación del Festival de la Chicha y Muestra de las Tradiciones Culturales del Caribe Colombiano, que se celebra en el corregimiento de El Carito, municipio de Santa Cruz de Lorica, departamento de Córdoba.

Artículo 3°. La Nación promoverá en el nivel territorial a través del Consejo Departamental de Cultura y el Consejo de Cultura del municipio de Santa Cruz de Lorica las recomendaciones en la formulación de políticas, programas y proyectos, cuyo objetivo sea el fomento, promoción, desarrollo y financiación de las manifestaciones del Festival de la Chicha y Muestra de las Tradiciones Culturales del Caribe Colombiano.

Artículo 4°. La Nación, mediante el Ministerio de Cultura y el Ministerio de Educación Nacional, promoverá la creación de la Cátedra “Manifestaciones Culturales y Económicas del Festival de la Chicha” y proyectos pedagógicos articulados con la misma, la cual será implementada por las instituciones educativas oficiales del municipio de Santa Cruz de Lorica. Esta cátedra se articulará con los proyectos educativos institucionales en coordinación con la Secretaría de Educación del municipio.

Parágrafo 1°. Las Instituciones Educativas de carácter privado del municipio de Santa Cruz de Lorica podrán implementar la cátedra dentro de sus respectivos proyectos pedagógicos.

Parágrafo 2°. El Ministerio de Educación Nacional en coordinación con las autoridades locales en materia educativa reglamentará los lineamientos generales de la cátedra para su desarrollo, cuyo objeto es la divulgación de las manifestaciones culturales y procesos económicos locales relacionados con el Festival. La reglamentación observará para la implementación de la cátedra la articulación con los contextos culturales locales relacionados con la sinuidad de la subregión del bajo Sinú en el departamento de Córdoba.

Artículo 5°. La presente ley rige a partir de la fecha de su sanción y promulga y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.

Rafael Madrid Hodeg,

Representante a la Cámara.
Departamento de Córdoba,

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

1. Referencias del festival de la chicha y muestra de las tradiciones culturales del Caribe Colombiano.

La segunda semana del mes de diciembre, se celebra en el corregimiento de El Carito el Festival de la chicha y muestra de las tradiciones culturales del Caribe colombiano, celebración en la cual se rinde tributo al maíz, uno de los productos más representativos del municipio de Santa Cruz de Loricá, en el departamento de Córdoba.

Con este festival se busca preservar la tradición de las diferentes modalidades de preparar la chicha de maíz, en sus tres formas tradicionales:

- Chicha Cotorrón: Preparada con el maíz molido grueso.
- Chicha de Guarrú: Preparada con el maíz molido con grano muy triturado.
- Chicha de Afrecho: Preparada con el maíz molido grueso en concha.

Las tres modalidades de Chicha son preparadas con los mismos ingredientes (canela, clavito, pimienta de olor y agregándole batata para su mayor duración).

Dentro de los objetivos principales del Festival de la Chicha y muestra de las tradiciones culturales del Caribe colombiano están:

- Conservar la chicha como bebida refrescante, alimenticia, tradicional y emblemática.
- Conservar y difundir las manifestaciones artísticas y culturales de la región, representadas en la historia local y regional, tradición oral, juegos costumbristas, muestras gastronómicas de productos derivados del maíz, grupos folclóricos, danzas, artes, oficios y otras manifestaciones que conforman nuestra identidad cultural.

Es tradición durante el festival el encuentro de comunidades, donde cada una de ellas participa en los eventos de la programación; la participación es masiva, sobre todo por parte de la juventud que hace muestra de lo típico de su comunidad, para así mantener y revivir las costumbres ancestrales.

Como parte del festival también se realizan carreras a caballo, riñas de gallo con gallera de pata, concurso de tomador de chicha, concursos de pilanderas y molenderas de maíz.

Otra de las actividades llamativas del festival es la realización en las noches del tradicional fandango que va siempre hasta el amanecer.

La organización de las actividades de festival se coordina entre las autoridades administrativas locales y los grupos sociales que conforman la comunidad¹.

2. Justificación del proyecto

El municipio de Santa Cruz de Loricá se encuentra ubicado en el norte del departamento de Córdoba, en su zona rural se encuentra el corregimiento de El Carito. Este cuenta con 3.500 habitantes y una extensión de 4 kilómetros cuadrados, uno de los renglones económicos más importantes es la agricultura por las características fértiles de sus tierras y sus alrededores, por sus condiciones naturales favorables; es la producción de maíz la base para su alimentación, organización económica usada como materia prima en el proceso de elaboración de la chicha.

Existe una directa vinculación entre la economía y la cultura toda vez que la interpretación del mundo, la vida y la sociedad se expresa a través de sus formas de producir y consumir².

Es así como esta interpretación aparece mediante las manifestaciones culturales de larga tradición que se materializan con la organización en los años setenta del Festival de la Chicha en el corregimiento de El Carito. En este se divulgan, conservan y protegen las manifestaciones en torno al producto del maíz, promoviendo la economía local y el turismo que trae consigo sus visitantes y su legado.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) “los procesos de mundialización y de transformación social por un lado crean las condiciones propicias para un diálogo renovado entre las comunidades, pero por el otro también traen consigo, graves riesgos de deterioro, desaparición y destrucción del patrimonio cultural inmaterial, debido en particular a la falta de recursos para salvaguardarlo”³.

Esto implica que se debe generar la gestión del desarrollo de los pueblos con la implementación de los avances y progresos de la humanidad, en armonía con el desarrollo endógeno de los mismos sin que por ello se pierda la identidad y diversidad cultural de estos.

Avances como el progreso de la técnica, la tecnología para la competencia y productividad en los procesos de producción del maíz, sus usos alternativos, la creación de nuevas especies y variedades que trae consigo la biotecnología, amerita que el modelo de desarrollo se implemente con medidas por parte del Estado, en lo relacionado con la gestión de la protección del patrimonio cultural, preservándolo para las futuras generaciones.

Po esto se necesitan instrumentos normativos que le den al Gobierno Nacional herramientas para la protección del patrimonio cultural mediante la in-

¹ Red de Pueblos Patrimonio de Colombia - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y comentarios de los miembros de la Fundación Festival de la Chicha de El Carito (Córdoba).

² Marín, Guillermo. *Relación Cultura y Economía*.

³ Unesco. Convención para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial, 2003.

clusión de programas en su planificación nacional, así como las medidas de orden técnico, administrativas y financieras para la salvaguardia del Festival de la Chicha y muestra de las manifestaciones culturales del Caribe colombiano.

Esto conlleva la necesidad de crear un mayor nivel de conciencia y sensibilización especialmente entre los jóvenes de la importancia del patrimonio cultural inmaterial.

Según el psicólogo Jerome Bruner en su concepción psicológica-cultural y la educación “establece que no se puede comprender al hombre sin tener en cuenta la cultura en la cual está inmerso, sabiendo que el hombre es la única especie que emplea la educación como manera de transmitir la cultura de una generación a otra. Se puede considerar que la educación tiene por finalidad reproducir la cultura en la cual está situada”⁴.

Con la propuesta de instituir en el municipio de Santa Cruz de Lórica la Cátedra Manifestaciones culturales y económicas del Festival de la Chicha y proyectos pedagógicos relacionados con la misma, la cual se define como un proyecto educativo socio-cultural y económico con el objetivo de trabajar con los estudiantes la cultura enmarcada en los procesos de la producción del maíz y de la chicha, su interrelación con las diversas manifestaciones, como instrumento de desarrollo cultural, personal, comunitaria y como estrategia pedagógica de protección y salvaguardia del festival.

Por los motivos expuestos proponemos la Declaración de patrimonio cultural del Festival de la Chicha y muestras de las tradiciones culturales del Caribe colombiano que se celebra en el corregimiento de El Carito, municipio de Santa Cruz de Lórica, departamento de Córdoba, como un instrumento normativo que promueva el turismo cultural, la divulgación, protección, salvaguardia y su financiación.

3. Propósitos y alcance del proyecto

El propósito del proyecto de ley es declarar patrimonio cultural de la nación al Festival de la Chicha y muestra de las tradiciones culturales del Caribe colombiano en el corregimiento de El Carito, municipio de Santa Cruz de Lórica, departamento de Córdoba, y de este modo proteger y salvaguardar este legado cultural de la región.

Este instrumento normativo tendrá como alcances la adopción de medidas y acciones por parte de Estado colombiano mediante la inclusión en su Plan Nacional de Desarrollo a través del Ministerio de Cultura de programas de apoyo al festival y la asignación de recursos del Presupuesto General de la Nación para su financiación o cofinanciación.

La coordinación técnica y el acompañamiento del Ministerio de Cultura a las autoridades administrativas locales en la inclusión de sus planes de desarrollo local y de inversiones en la formulación de políticas y proyectos del festival.

Creación e implementación de la cátedra Manifestaciones culturales y económicas del festival de la chicha y proyectos pedagógicos relacionados con la misma en las instituciones educativas oficiales del municipio de Santa Cruz de Lórica, en el departamento de Córdoba.

Las instituciones educativas de carácter privado tendrán la opción de implementar la Cátedra.

Estas acciones se enmarcan como una estrategia de salvaguardia y aporte del patrimonio cultural de la región.

4. Marco constitucional y legal

El proyecto de ley, por medio de la cual se declara patrimonio cultural de la Nación al Festival de la Chicha y muestra de las tradiciones culturales del Caribe colombiano en el corregimiento de El Carito, Municipio de Santa Cruz de Lórica, departamento de Córdoba y se dictan otras disposiciones, tiene como marco normativo la Constitución Nacional que dispone en su artículo 7° “El Estado reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la nación colombiana”.

El artículo 8° constitucional igualmente dispone “Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación”.

La obligación por parte del Estado en la protección y salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial se encuentra consagrada en el artículo 72 de la Constitución Nacional, el cual dispone “*El patrimonio cultural de la Nación está bajo la protección del Estado. El patrimonio arqueológico y otros bienes culturales que conforman la identidad nacional, pertenecen a la Nación y son inalienables, inembargables e imprescriptibles*”.

La inclusión de las políticas de salvaguardia del patrimonio cultural se encuentran consagradas en el artículo 72 de la Constitución Nacional el cual dispone “La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y, en general a la cultura”, así como en el marco de la Ley 397 de 1997.

Según las normas indicadas se requiere regular la salvaguardia cultural del Festival de la Chicha y muestra de las tradiciones culturales de Caribe colombiana frente a la necesidad de protección que se amerita por parte de Estado colombiano.

Así mismo, la necesidad de transmitir a las nuevas generaciones ese legado cultural de las manifestaciones del festival mediante la acción pedagógica, la cual se ampara en el artículo 70 de la Constitución Nacional que dispone “El Estado tiene el deber de promover y fomentar el acceso a la cultura de todos los colombianos en igualdad de oportunidades, por medio de la educación permanente y la enseñanza científica, técnica, artística y profesional en todas las etapas del proceso de creación de la identidad nacional”.

La implementación de proyectos pedagógicos socioculturales se encuentra consagrada en el artículo 67 de la Constitución Nacional que dispone “La Educación es un derecho de la persona y un ser-

⁴ *Cultura y pedagogía. Una aproximación a Jerome Bruner.*

vicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica y a los demás bienes y valores de la cultura”.

En cuanto a la distribución de competencias del Estado colombiano la Constitución Nacional en su artículo 288 dispone “Las competencias atribuidas a los distintos niveles territoriales serán ejercidas conforme a los principios de coordinación, concurrencia y subsidiaridad en los términos que establezca la ley”. Lo que hace posible la gestión conjunta y en armónica entre los niveles territoriales según sus competencias.

En referencia a la incorporación de apropiación de recursos en el Presupuesto General de la Nación a través del Ministerio de Cultura en sus rubros de inversión, el artículo 346 dispone” El Gobierno formulará anualmente el Presupuesto de Rentas y ley de apropiaciones que deberá corresponder al Plan Nacional de Desarrollo y lo presentará al Congreso dentro de los primeros diez días de cada legislatura”.

La iniciativa contempla un esfuerzo económico por parte de la Nación, cuyos costos deben enmarcarse en el principio de sostenibilidad fiscal del manejo de las finanzas públicas y enmarcado en las decisiones del Gobierno Nacional, mediante el Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Hacemos referencia a que frente a proyectos de ley como este en lo concerniente al tema presupuestal se discute la constitucionalidad o no de la iniciativa en el gasto por parte del Congreso, asunto sobre el cual la Corte Constitucional se ha pronunciado en su jurisprudencia, Sentencia C-360 de 1996 y Sentencia C-947 de 1999 ha manifestado que en esa materia el legislativo tiene amplio grado de libertad, pero sujeto a que sus propuestas se limiten a autorizar al Gobierno para incluir posteriormente la apropiación respectiva en la Ley Anual de Presupuesto.

La Corte Constitucional en Sentencia C-722 de 1998 expresa que en lo concerniente a las rentas nacionales, el principio de legalidad del gasto tiene alcance para imponer que todo gasto que vaya a realizarse con cargo a dichas rentas sea previamente decretado mediante ley e incluido dentro del Presupuesto Nacional.

En mérito de lo anterior, este proyecto de ley propone declarar patrimonio cultural de la nación al Festival de la Chicha y muestra de las tradiciones

culturales del Caribe colombiano que se celebra en el corregimiento de El Carito, municipio de Santa Cruz de Lorica, departamento de Córdoba y se dictan otras disposiciones. Iniciativa que se encuentra enmarcada dentro de la Constitución Nacional y la ley.

Rafael Madrid Hodeg,

Representante a la Cámara
Departamento de Córdoba,

CÁMARA DE REPRESENTANTES
SECRETARÍA GENERAL

El día 25 de julio del año 2012 ha sido presentado en este despacho el Proyecto de ley número 038, con su correspondiente exposición de motivos, por el honorable Representante Rafael Madrid Hodeg.

El Secretario General,

Jesús Alfonso Rodríguez Camargo.

CONTENIDO

Gaceta número 473 - Viernes, 27 de julio de 2012

CÁMARA DE REPRESENTANTES Págs.

PROYECTOS DE LEY

| | |
|---|----|
| Proyecto de ley número 036 de 2012 Cámara, por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en los procesos productivos y se fijan incentivos para su erradicación gradual y se dictan otras disposiciones. | 1 |
| Proyecto de ley número 037 de 2012 Cámara, por la cual se modifican algunos artículos de las Leyes 599 de 2000, 906 de 2004 y se adoptan medidas para garantizar el acceso a la justicia de las víctimas de violencia sexual, en especial la violencia sexual con ocasión al conflicto armado, y se dictan otras disposiciones. | 5 |
| Proyecto de ley número 038 de 2012 Cámara, por medio de la cual se declara Patrimonio Cultural de la Nación el Festival de la Chicha y Muestras de las Tradiciones Culturales del Caribe Colombiano, que se celebra en el corregimiento de El Carito, municipio de Santa Cruz de Lorica, departamento de Córdoba, y se dictan otras disposiciones. | 33 |



GACETA DEL CONGRESO

SENADO Y CÁMARA

(Artículo 36, Ley 5a. de 1992)
 IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA
www.imprenta.gov.co

ISSN 0123 - 9066

AÑO XXI - N° 937

Bogotá, D. C., miércoles, 12 de diciembre de 2012

EDICIÓN DE 16 PÁGINAS

DIRECTORES:

GREGORIO ELJACH PACHECO
 SECRETARIO GENERAL DEL SENADO
www.secretariasenado.gov.co

JORGE HUMBERTO MANTILLA SERRANO
 SECRETARIO GENERAL DE LA CÁMARA
www.camara.gov.co

RAMA LEGISLATIVA DEL PODER PÚBLICO

SENADO DE LA REPÚBLICA

PONENCIAS

INFORME DE PONENCIA PARA PRIMER DEBATE AL PROYECTO DE LEY NÚMERO 168 DE 2012 SENADO, 036 DE 2012 CÁMARA

por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.

I. Antecedentes

El Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado, 036 de 2012 Cámara, *por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones*, tiene origen en una iniciativa de los honorables Representantes a la Cámara Augusto Posada Sánchez y Simón Gaviria Muñoz integrantes de la Comisiones Segunda y Tercera de la Cámara de Representantes.

Así mismo y en desarrollo de su trámite, el proyecto de ley en mención, fue radicado el 25 de julio de 2012, publicado en la *Gaceta del Congreso* número 473 del 27 de julio de 2012, sometido a primer debate y aprobado en Comisión Quinta de la Cámara de Representantes el pasado 23 de octubre de 2012 y debatido y aprobado en segundo debate durante la sesión Plenaria de la misma Corporación, llevada a cabo el 20 de noviembre del presente año.

II. Objeto del proyecto de ley

El proyecto de ley que hoy se pone a consideración de los honorables miembros de la Comisión Quinta Constitucional del Senado de la República tiene por objeto la protección y la salvaguarda de la salud humana, así como la preservación de los recursos naturales renovables y el ambiente, mediante la reglamentación del uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente

del mercurio, arsénico y cianuro en las actividades industriales, independientemente de su origen o naturaleza.

III. Contenido del proyecto

El texto definitivo del Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado y 036 de 2012 Cámara, que fuere aprobado por la Plenaria de la honorable Cámara de Representantes el pasado 20 de noviembre de 2012 y remitido para primer, consta de trece (13) artículos y posee la estructura que se detalla a continuación:

Artículo 1°. Plantea el objeto de la iniciativa y la fundamenta en la protección y salvaguarda de la salud humana, así como la preservación de los recursos naturales renovables y el ambiente, mediante la reglamentación para todo el territorio nacional del uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio, arsénico y cianuro en las actividades industriales, independientemente de su origen o naturaleza.

Artículo 2°. Determina la obligación de adoptar una Política Nacional en materia de salud, seguridad y medio ambiente para la reducción y eliminación del mercurio, el arsénico y el cianuro, y provee autorización para la suscripción de convenios con organismos de cooperación internacional a fin de aprovechar su capacidad, recursos y experiencia en la reducción y eliminación del uso del mercurio, arsénico y cianuro.

Artículo 3°. Ordena a los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Minas y Energía, Salud y Protección Social y Trabajo establecer las medidas regulatorias necesarias que permitan la reducción y eliminación de manera segura y sostenible de los tres químicos, dispone de un plazo de no más de diez (10) para lograrlo en todos los procesos industriales y productivos y de cinco (5) para la minería y determina que el Ministerio de Minas y Energía, Colciencias y las diferentes universidades del país deben liderar la implementación de las estrategias y

medidas de reducción y eliminación de los mismos. Igualmente, se establece que son las autoridades ambientales, las Secretarías de Salud y las direcciones territoriales de trabajo serán las encargadas de la vigilancia y control a las medidas regulatorias que establezca el Gobierno Nacional.

Artículo 4°. Ordena que en término no mayor a seis (6) meses el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamente el establecimiento del “Registro de usuarios del mercurio, arsénico y cianuro”, comenzando por el sector minero del país y dispone que sea implementado por las autoridades ambientales bajo el Registro Único Ambiental, del Sistema de Información Ambiental que administra el Ideam en un plazo no mayor a dos (2) años después de emitirse la regulación correspondiente.

Artículo 5°. Ordena que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que en coordinación con el de Minas y Energía en término no mayor a seis (6) meses establezca las medidas de control y restricción a la importación y comercialización de los tres (3) químicos de que trata el proyecto de ley y los productos que lo contengan y dispone la creación del “Registro único de importadores y comercializadores autorizados”, así como la obligación de las autoridades aduaneras y policivas de ejercer el control y la vigilancia sobre las medidas que reglamente el Gobierno Nacional.

Artículo 6°. Establece que dentro del periodo de cinco (5) años determinado en el artículo 3° del proyecto de ley, el Ministerio de Minas y Energía con apoyo del de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colciencias, las diferentes universidades del país, el sector privado, las autoridades ambientales y demás entidades competentes, desarrollen convenios, proyectos, programas y estrategias de producción más limpia, para alcanzar la meta propuesta de eliminación del uso del mercurio, arsénico y cianuro en el sector minero.

Artículo 7°. Dispone que Colciencias fomente la realización de investigaciones de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio, arsénico y cianuro y determina que el desarrollo y aplicación de estas se efectúe mediante convenios de investigación con el sector privado, Ministerio de Educación, el Sena y las diferentes universidades del país que a su vez en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía y las empresas proveedoras de servicios públicos de los lugares implicados (agua, electricidad, gas) efectúen programas de capacitación sobre la implementación de tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productivos asociados, que requieren de la utilización del mercurio, arsénico y cianuro.

Artículo 8°. Determina la suscripción de un Plan Único Nacional de Mercurio, Arsénico y Cianuro, así como de la elaboración de reglamentos técnicos en un término no superior a un (1) año, luego del presente proyecto de ley; a cargo están los Ministerios de Minas y Energía en coordinación con los demás competentes.

Artículo 9°. Prohíbe la ubicación de nuevas plantas de beneficio de oro que usen mercurio, arsénico y cianuro, así como la quema de amalgama de mercurio, arsénico y cianuro y oro, en zonas de uso

residencial, comercial, institucional y recreativo; dispone la necesidad del otorgamiento de licencia ambiental para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con el funcionamiento de las nuevas plantas de beneficio de oro.

Otorga un plazo de tres (3) años a partir de la publicación de la ley para que las plantas de beneficio de oro existentes y que se encuentren en las zonas de uso del suelo señaladas como prohibidas de acuerdo con ella, se reubiquen, para lo cual establece que los alcaldes municipales deberán efectuar un censo de ellas en un plazo no mayor a un (1) año, así como disponer la definición de las zonas de uso compatibles dentro de los instrumentos municipales pertinentes.

Los alcaldes, las autoridades ambientales, y/o las demás autoridades competentes, podrán efectuar el cierre de las plantas de beneficio de oro que se encuentren en zonas prohibidas señaladas y que no cumplan con la normativa ambiental vigente.

Artículo 10. Establece incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio, arsénico y cianuro en el sector minero mediante el ofrecimiento por una única vez y por un periodo de cinco (5) años de créditos blandos, a través del Banco Agrario, empresas prestadoras de servicios públicos u otra agencia del Estado especializada, a los dueños de las plantas de beneficio de oro, para que hagan reconversión tecnológica para la reducción y eliminación del uso de mercurio, arsénico y cianuro y la reubicación o traslado de las plantas de beneficio que se requieran, los cuales se otorgarán con preferencia a los mineros que procesen hasta 40 toneladas/día de material.

También se otorgan exenciones a aranceles para la importación de equipos, que coadyuven a la eliminación del mercurio, arsénico y cianuro en las diferentes actividades productivas y dispone que el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y/o el Fondo de Desarrollo Regional asignen las partidas presupuestales que sean necesarias para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la ley.

Artículo nuevo. Establece la obligación de aplicar el decomiso ante el incumplimiento de los preceptos determinados en ley y las que la reglamenten, sin perjuicio de las demás sanciones que establezcan los reglamentos.

Artículo nuevo. Determina que aquellos funcionarios que incumplan lo dispuesto en la presente ley y en los reglamentos serán sancionados disciplinariamente, entendiéndose como grave su conducta, de acuerdo con lo que establece Ley 734 de 2002.

Artículo 13. *Vigencia*. Determina la vigencia de la ley la cual entrará a regir una vez se sancione y publique en el *Diario Oficial*.

IV. Marco conceptual

En tanto el proyecto de ley fue diseñado y presentado originalmente con el objeto de regular el uso y manejo del mercurio, el presente marco técnico se desarrolla sobre las condiciones o circunstancias que ofrece este metal, en tanto la presente ponencia considera que los químicos agregados en el desarrollo del trámite de ley, estos son el cianuro y el arsénico, son de naturaleza, uso y destino dife-

rentes y por tanto requieren de un manejo técnico y legal distinto. Por lo anterior el presente marco sustentaré se les excluya del texto del proyecto de ley.

Contexto

Acorde con la documentación existente, así como lo estudiado y documentado por los ponentes para primer y segundo debate de la honorable Cámara de Representantes, cuyo sustrato técnico se acoge y robustece, la presente ponencia se enfoca en las condiciones del mercurio, el cual es considerado una neurotoxina potente de naturaleza metálica, que se produce de forma natural y posee condiciones de difícil manejo puesto que a temperatura y presión ambiente, es líquido y se evapora rápidamente.

La forma más común de exposición humana a este metal se presenta de dos maneras:

1. Por su uso en la industria en la que se da la inhalación de su vapor a partir de la quema de la amalgama o la fundición del oro; también se da por derrames, por manipulación en la venta o durante un proceso de fabricación de aparatos médicos o de utilización en el proceso denominado de amalgamación en minería.

2. Por la ingesta de Metil Mercurio (MeHg) a través de la dieta alimenticia, especialmente mediante el consumo de peces contaminados.

Hoy en día el mercurio es ampliamente usado por la minería pequeña y artesanal, la cual lo utiliza para la recuperación del oro; pero debido al uso inadecuado, la mayor parte se vierte a los ríos o fuentes de agua y es así como este, al asentarse en medios acuáticos, se transforma en Metil Mercurio.

La ingestión de este compuesto afecta el sistema nervioso, los riñones y el hígado, generando trastornos mentales y daños en el sistema motor, reproductor, en el habla, la visión y la audición.

El consumo humano del mercurio es especialmente preocupante por cuanto impide el desarrollo neurológico de los fetos, lactantes y niños. Cuando una mujer consume pescados o mariscos que contienen mercurio, este se acumula en sus tejidos y demora varios años en eliminarse.

Si durante el período de exposición se da la concepción, su feto se expone al compuesto dentro del útero, afectando negativamente el crecimiento de su cerebro y el desarrollo del sistema nervioso; con el tiempo se pueden comprobar las alteraciones en la capacidad cognitiva, en atributos como la memoria, la atención, el lenguaje, las habilidades motrices finas y espacios visuales.

Este proceso se agudiza si se tiene en cuenta que el impacto que tiene en la salud humana, es dado por la fácil exposición al mercurio produciendo daños a la población expuesta:

“El polvo de mercurio también se adhiere a la ropa de los mineros y de esa manera llega a sus hogares. Los estudios de salud realizados en distintos lugares del mundo en los que se practica la minería del oro artesanal y en pequeña escala muestran altos niveles de mercurio en los mineros. Algunos de ellos están expuestos a niveles de mercurio 50 veces superiores al límite máximo aceptable de exposición del público fijado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). En un lugar, casi el 50% de

los mineros que trabajaban en el proyecto sufrían temblores involuntarios, síntoma clásico de daños al sistema nervioso inducidos por el mercurio”¹.

En la medicina, además de su uso en amalgamas, que es un material producto de la aleación del mercurio con otros metales, es ampliamente requerido en instrumentos médicos para la medición de temperatura o de presión, por lo que un centro hospitalario de gran tamaño podría albergar hasta varios kilos de este elemento. En algunos de estos casos la falta de educación explica en gran medida los problemas de contaminación generados por el mercurio, ya que no se tiene conciencia sobre las consecuencias en el ambiente, ni la afectación en seres humanos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han declarado los efectos adversos de la contaminación como un grave problema mundial para la salud humana y para el medio ambiente, puesto que ya ha sido demostrado ampliamente que la ingesta puede generar daños respiratorios, renales y en la función motora; su toxicidad es tan alta que incluso con niveles de exposición muy bajos puede provocar serios daños en el sistema nervioso.

A todo lo anterior se suma la contaminación ambiental que se genera en aguas, suelos, aire, así como el deterioro de la calidad de vida, además del desafío que impone la creciente demanda por productos “verdes y sostenibles”. Por todo lo anterior, el Consejo de Administración del PNUMA se ha propuesto como meta prioritaria reducir la acumulación de metil-mercurio a nivel mundial e iniciativas como la presente vienen impulsándose a nivel mundial mediante trabajo a escalas locales, nacionales y globales que buscan promover políticas y programas que permitan el almacenamiento definitivo, la reducción o la eliminación del uso, comercio o emisiones, así como la exposición humana y de los ecosistemas al mercurio.

En consistencia con todo ello, la presente iniciativa responde a los latentes requerimientos a que el país se proteja y asuma las medidas y protocolos que le permitan salvaguardar a la población y los recursos ambientales del incremento de enfermedades asociadas al uso y manipulación del mercurio.

De otro lado y en relación con la inclusión en el proyecto de ley del cianuro es necesario afirmar que aun cuando este es utilizado en diferentes procesos industriales, a diferencia del mercurio no permanece o es persistente por cuanto se destruye por efecto de la luz solar y además por ser sustancia química se puede descomponer mediante diferentes procesos, reduciéndose de esta forma su peligrosidad. En una dirección semejante con relación al arsénico se tiene que es empleado en la elaboración de insecticidas, herbicidas, fertilizantes, como preservante de maderas o en la fabricación de circuitos integrados y aun cuando se encuentre en algunos depósitos de extracción de minerales, no forma parte del proce-

¹ Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente – PNUMA–. El uso del Mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala. Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente –PNUMA–, página 8.

so de beneficio del oro, ni se tiene conocimiento de que haga parte de sus actividades de minería.

Generalidades

Cerca de 55 países que tienen una población cercana a los cien millones de habitantes ubicados especialmente de los continentes de África, Asia y América Latina, tienen una gran dependencia de la minería artesanal de pequeña escala (MPE), desarrollada dentro de un tipo de economía de subsistencia.

Algunas estimaciones indican que esta actividad es la responsable de la producción de 800 toneladas de oro anuales (30% de la producción de oro global anual) y su producción involucra tanto mineros, como mujeres y niños, de forma directa o indirecta.

“Se calcula que en la minería del oro artesanal y en pequeña escala participan entre 10 y 15 millones de mineros, de los cuales 4,5 millones son mujeres y 1 millón son niños.

Es posible que, como consecuencia del alza reciente del precio del oro, en los próximos años aumente la cantidad de mineros que usan mercurio”².

Dentro de la minería artesanal se utilizan métodos rudimentarios, tecnologías obsoletas y la actividad se realiza a menudo por mineros que reciben ingresos y poseen escasa educación formal. De esta manera se llevan a cabo una serie de actividades de la MPE operando en un sector económico informal, ilegal y deficientemente organizado.

Debido a la facilidad de manejo, precio y eficacia del método, el uso del mercurio en el proceso de beneficio es bastante común en la MPE de todo el mundo. De otra parte, la escalada en los precios del oro, que mientras registró en marzo de 2001 US\$260/oz y en octubre de 2009 alcanzara US\$1.000/oz, incidió directamente la demanda de mercurio con fines de empleo en la extracción de oro, agravando así los problemas de contaminación y de salud humana. De permanecer esta tendencia de alza en los precios del oro, es posible prever un consumo histórico de mercurio en todo el mundo.

La MPE utiliza actualmente cerca de 650 a 1.000 toneladas de mercurio por año, siendo la responsable de la tercera parte de la contaminación con mercurio en todo el globo, de las cuales aproximadamente el 30% son esparcidas directamente a la atmósfera, mientras que el restante 70% del mercurio sería descargado en la tierra, ríos, lagos y arroyos.

Esta problemática hizo necesaria la introducción de iniciativas como el Proyecto de Mercurio Global (GMP) de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), lanzada en el 2002 con el apoyo financiero de Global Environment Facility (GEF) y cofinanciada por los países afectados cuyo programa modelo se encuentra en Brasil, Indonesia, la República Democrática de Laos, Sudán, Tanzania y Zimbabwe.

Los objetivos principales del GMP son:

1. Reducir la contaminación con mercurio en aguas internacionales, a causa de la MPE.

2. Introducir tecnologías más limpias para el beneficio del oro y entrenar a los mineros artesanales en su aplicación.

3. Desarrollar la capacidad y los mecanismos reguladores que permitirán al sector minimizar la contaminación con mercurio.

4. Introducir programas medioambientales y de salud en las regiones involucradas.

5. Mejorar la capacidad de los laboratorios locales para evaluar la magnitud e impacto de la contaminación con mercurio.

La meta primaria sigue siendo reducir el uso del mercurio, a través de la introducción de tecnologías para el beneficio del oro más limpias y llevando a cabo entrenamientos y campañas de capacitación a los mineros involucrados. También se pretende aconsejar los gobiernos y las instituciones locales y promover una regulación clara y fuerte para el comercio del mercurio.

Colombia es un país rico en recursos minerales como oro, carbón, platino, níquel, plata, caliza, piedras preciosas y semipreciosas, arcilla, y calcáreos; el sector minero es responsable por el 14% del Producto Interno Bruto colombiano (PIB), siendo el oro y el carbón los dos minerales más importantes para el país, y los mineros artesanales los responsables del 70% de la producción del oro en Colombia. Durante el 2005, la producción del oro en el país fue de 1.115.000 Onz. y solo el departamento de Antioquia aportó cerca del 60% de esta producción.

De otro lado, en regiones como Nordeste y Bajo-Cauca Antioqueño, Condoto, Istmina, Lloró y otras en Chocó, Sur de Bolívar, Llanadas y Sotomayor en Nariño, Vetas y California en Santander, la población que depende económicamente de la minería alcanza el 90% y el número de mineros artesanales en Colombia es de aproximadamente 220.000 personas, labor realizada principalmente por los hombres, aun cuando más del 10% de los obreros son mujeres o niños y muchos de estos acompañan a sus madres mientras trabajan exponiéndose e involucrándose en las actividades mineras.

En Colombia la Minería de Pequeña Escala es desarrollada de tres formas diferentes:

1. Aluvial: Mediante dragas y retroexcavadoras que extraen y remueven el material de los lechos de los ríos y zonas aledañas, su producción supera las dos (2) toneladas de oro por año.

2. Veta: Desarrollada mediante la explotación de venas de cuarzo mineralizadas, las cuales son procesadas en sus propias plantas o en las de terceros, llevando el material extraído a través de túneles para ser triturado y posteriormente molido.

3. Subsistencia: Es la utilización de pequeñas cacerolas transportables, las cuales no cuentan con restricción legal para trabajar en los ríos y llanuras aluviales cercanas, normalmente estos “barequeros” trabajan en cercanía de otros proyectos mineros de mayor envergadura, en algunos lugares el número de mujeres asociado con esta práctica excede el número de hombres.

De acuerdo con resultados obtenidos en investigaciones realizadas por la Gobernación de Antioquia, en municipios de Segovia y Remedios, han sido encontradas concentraciones de mercurio en el aire de cerca de 340 µg/m³, lo cual equivale a 300 veces lo recomendado por organizaciones de salud

² Ibídem, página 4.

pública como máxima para la exposición al vapor del mercurio.

Adicional a lo anterior, el alimento principal de estas comunidades es el pescado el cual ha demostrado ser afectado por la emisión del mercurio. Estudios completados por Corantioquia, la Universidad de Antioquia y la Universidad de Cartagena, han revelado una concentración por encima de 1.06 µg Hg/g en la mayoría de las especies encontrados en los ríos del área circundante.

Situación actual

Las comunidades dependientes de la minería se dedican en su mayoría a la explotación del oro en pequeñas unidades productivas de socavón, con escasa o ninguna mecanización en la mayoría de los casos, sin orientación geológica ni planeamiento minero y con beneficio de mineral rudimentario que no respeta el medio ambiente.

Las anteriores condiciones de trabajo elevan la contaminación con mercurio producida durante el proceso de beneficio, deteriora la salud de los habitantes de la región y la calidad de los recursos naturales, al mismo tiempo que eleva los costos de la operación, disminuyendo así los ingresos y con ello las regalías percibidas.

De acuerdo al último censo realizado por el Sisbén en las zonas mineras, el nivel de escolaridad de la población alcanza en promedio el 70% de básica primaria, aunque se presentan niveles de analfabetismo que son similares a los del resto de la población rural campesina del país. Esta situación aumenta el grado de vulnerabilidad de estas comunidades frente a su capacidad para llevar a cabo un proceso de desarrollo productivo ordenado o con algún tipo de cuidado con el medio ambiente y la salud de los habitantes.

La población en su mayor parte se dedica a la minería de oro artesanal y semiartesanal, otras alternativas de trabajo como agricultura, ganadería y tala de maderas, también son de baja productividad y son adelantadas por lo general en suelos pobres y con mano de obra no calificada.

De otro lado, el mercurio se encuentra en numerosos dispositivos de uso médico, como puede apreciarse en termómetros, tensiómetros y dilatadores esofágicos; también se encuentra en lámparas fluorescentes; en las amalgamas dentales; en numerosos compuestos químicos y en dispositivos de medición de uso en laboratorios médicos.

Ante el derrame, rompimiento o eliminación inapropiada de alguno de estos dispositivos se genera la posibilidad de provocar daños a la salud y el ambiente; lo anterior explica la importancia del sector de la salud en el tema de la reducción del mercurio, ya que el mismo no sólo constituye una de las principales fuentes de demanda de mercurio y emisiones globales, sino porque pueden actuar como voceros en el tema de creación de conciencia en los efectos de su manipulación y los perjuicios que ocasiona su mal uso.

Colombia carece de normativa que regule el uso, manipulación y comercialización del mercurio y también de controles a las emisiones al ambiente; aspecto que genera mayor exposición a su contaminación. Este problema a su vez se ve aumentado por

la falta de protocolos, causando graves problemas, tanto que cuando ocurren accidentes ambientales, los daños generados son de mayor magnitud e impacto a los que ocurrirían si el país contara con el debido marco legal y técnico. Igualmente, la escasa información que existe sobre el mercurio en Colombia, hace prioritario elaborar un inventario de emisiones de mercurio y la creación de un registro de emisiones y transferencia de contaminantes.

Lo anterior sustenta claramente la necesidad de que Colombia se acoja a las políticas internacionales establecidas para el tema de reducción de mercurio entrando a solucionar sus dificultades en esta materia, empezando por desarrollar la formulación de la legislación que respalde el tema y la asignación de la responsabilidad a la institucionalidad correspondiente en materia de salud y ambiente, en la vía de desarrollar toda una política pública para este tema. En dicho sentido, es necesario empezar por reglamentar el uso del mercurio en estos dos sectores, sin desconocer la importancia de evaluar y tomar medidas en otras fuentes que pueden tener alta significancia como son las emisiones de las centrales eléctricas alimentadas a carbón, las plantas de cloro-soda que funcionan con celdas de mercurio y la disposición de las baterías o pilas.

V. Pliego de modificaciones

Se presentan las siguientes modificaciones al texto que fuere aprobado por la Plenaria de la Cámara de Representante en segundo debate, de acuerdo con los argumentos precedentes y las siguientes consideraciones:

a) Se elimina en todo el texto del proyecto de ley las palabras “arsénico y cianuro”, en tanto como se explicó en el marco conceptual, estas dos sustancias son de naturaleza y usos diversos y diferentes al del mercurio, y su manejo industrial o minero implican condiciones técnicas y alcances no comparables;

b) Artículo 4°. En el párrafo 2° del artículo 4°, se cambia la palabra “eran” por la palabra “serán”, por cuanto corresponde mejor al espíritu y significado del párrafo;

c) Artículo 5°. Se suprimen del artículo quinto las palabras “y restricción”, las cuales no son compatibles con las condiciones en que el país viene desarrollando los acuerdos, convenios o tratados internacionales para el manejo del comercio con los diferentes países, ni con los compromisos internacionales adquiridos, en especial con lo dispuesto en el artículo XI del GATT de 1994, el cual se encuentra incorporado en todos los TLC. Adicionalmente se propone regresar al texto radicado en el que es el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo el encargado de articular y coordinar con los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Salud y Protección Social las medidas de control a la importación y comercialización del mercurio, por ser este Ministerio la cabeza del sector e incluir a la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, DIAN, por ser la entidad encargada de ejercer los controles. Igualmente se propone ajustar el plazo para establecer las medidas de control a dos (2) años por considerarlo más acorde con la realidad técnica del elemento químico;

d) Artículos 7° y 8°. Se agrega la expresión “para que”, que se constituye en el conector necesario que articula las responsabilidades que describe el artículo y sustituye la palabra “elaborará”, por la expresión “y elaborarán” por ser más consistente con la redacción de este;

e) Artículo 10. Se propone agregar la expresión “o promoverán” por encontrarse más acorde con las competencias que el Gobierno Nacional tiene respecto al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y en el Fondo de Desarrollo Regional, en tanto el proceso de toma de decisión en estos colectivos no depende únicamente del Gobierno Nacional, pero sí la evaluación o promoción de asignación de recursos. Igualmente se suprime el

literal b) que trata de la exención de aranceles a la importación de equipos, lo cual no se alinea adecuadamente con el trámite surtido por el proyecto y tampoco está sustentado en un enfoque de beneficio económico integral;

f) Artículos nuevos. Se numeran los artículos nuevos denominados Decomiso como artículo 11 y sanciones como artículo 12 y se cambia la numeración al artículo 11, denominado vigencia, por artículo 13. Todo lo anterior con el objeto de dotar al proyecto de la numeración adecuada a su estructura.

A continuación se presenta un cuadro comparativo que refleja las modificaciones que se consideran pertinentes para esta ponencia:

**CUADRO COMPARATIVO TEXTOS
PROYECTO DE LEY NÚMERO 168 DE 2012 SENADO, 036 DE 2012 CÁMARA**

| TEXTO APROBADO EN SEGUNDO DEBATE POR PLENARIA DE CÁMARA | TEXTO PROPUESTO EN PONENCIA PARA TERCER DEBATE |
|---|---|
| <p>Artículo 1°. <i>Objeto.</i> A efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, reglántese en todo el territorio nacional el uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente de mercurio, arsénico y cianuro en las actividades industriales, cualquiera que ellas sean.</p> | <p>Artículo 1°. <i>Objeto.</i> A efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, reglántese en todo el territorio nacional el uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, cualquiera que ellas sean.</p> |
| <p>Artículo 2°. <i>Acuerdos y convenios de cooperación internacional.</i> Se adoptará una política nacional en materia de salud, seguridad y medio ambiente para la reducción y eliminación del uso del mercurio, arsénico y cianuro en las diferentes actividades industriales del país donde se utilice dicha sustancia; para lo cual se podrán suscribir convenios, programas y proyectos de cooperación internacional con el fin de aprovechar la experiencia, la asesoría, la capacitación, la tecnología, los recursos humanos, financieros y técnicos, de dichos organismos para promover la reducción y eliminación del uso del mercurio.</p> | <p>Artículo 2°. <i>Acuerdos y convenios de cooperación internacional.</i> Se adoptará una política nacional en materia de salud, seguridad y medio ambiente para la reducción y eliminación del uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país donde se utilice dicha sustancia; para lo cual se podrán suscribir convenios, programas y proyectos de cooperación internacional con el fin de aprovechar la experiencia, la asesoría, la capacitación, la tecnología, los recursos humanos, financieros y técnicos, de dichos organismos para promover la reducción y eliminación del uso del mercurio.</p> |
| <p>Artículo 3°. Reducción y eliminación del uso de mercurio, arsénico y cianuro. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Trabajo establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible, el uso del mercurio, arsénico y cianuro, en las diferentes actividades industriales del país. Erradíquese el uso del mercurio, arsénico y cianuro en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a 10 años y para la minería en un plazo máximo de 5 años. El Gobierno Nacional dispondrá todos los instrumentos tecnológicos y las respectivas decisiones con todos los entes y organizaciones responsables del ambiente y el desarrollo sostenible. El Ministerio de Minas y Energía, Colciencias y las diferentes universidades del país liderarán la implementación de estrategias y medidas de reducción y eliminación del uso del mercurio, arsénico y cianuro al interior de su sector con la participación de los actores involucrados. En la medida que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio, arsénico y cianuro en otras actividades industriales, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, arsénico y cianuro, basados en investigaciones realizadas por las diferentes universidades del país en convenio con Colciencias. Las autoridades ambientales, urbanas, regionales y de Desarrollo Sostenible, así como las Secretarías de Salud y las direcciones territoriales de trabajo, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.</p> | <p>Artículo 3°. Reducción y eliminación del uso de mercurio. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Trabajo establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible, el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país. Erradíquese el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a 10 años y para la minería en un plazo máximo de 5 años. El Gobierno Nacional dispondrá todos los instrumentos tecnológicos y las respectivas decisiones con todos los entes y organizaciones responsables del ambiente y el desarrollo sostenible. El Ministerio de Minas y Energía, Colciencias y las diferentes universidades del país liderarán la implementación de estrategias y medidas de reducción y eliminación del uso del mercurio al interior de su sector con la participación de los actores involucrados. En la medida que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio en otras actividades industriales, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, basados en investigaciones realizadas por las diferentes universidades del país en convenio con Colciencias. Las autoridades ambientales, urbanas, regionales y de desarrollo sostenible, así como las Secretarías de Salud y las direcciones territoriales de trabajo, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.</p> |

| TEXTO APROBADO EN SEGUNDO DEBATE POR PLENARIA DE CÁMARA | TEXTO PROPUESTO EN PONENCIA PARA TERCER DEBATE |
|--|---|
| <p>Artículo 4°. Registro de usuarios de mercurio, arsénico y cianuro. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentará en un término no mayor a seis (6) meses a partir de la promulgación de la presente ley, el establecimiento del Registro de Usuarios de mercurio, arsénico y cianuro de manera gradual, comenzando por el sector minero del país. Este registro será implementado por las autoridades ambientales bajo el Registro Único Ambiental, del Sistema de Información Ambiental que administra el Ideam en un plazo no mayor a dos (2) años después de emitirse la regulación correspondiente.</p> <p>Parágrafo 1°. El Ministerio de Minas y Energía diseñará una estrategia para promover el registro de usuarios del mercurio, arsénico y cianuro al interior de su sector y en la medida en que el registro sea obligatorio para otras actividades productivas, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de dicha estrategia.</p> <p>Parágrafo 2°. A partir de la implementación del registro, las personas naturales y jurídicas que incumplan esta obligación eran sancionadas, el gobierno regulará la materia.</p> | <p>Artículo 4. Registro de usuarios de mercurio. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentará en un término no mayor a seis (6) meses a partir de la promulgación de la presente ley, el establecimiento del Registro de Usuarios de mercurio de manera gradual, comenzando por el sector minero del país. Este registro será implementado por las autoridades ambientales bajo el Registro Único Ambiental, del Sistema de Información Ambiental que administra el Ideam en un plazo no mayor a dos (2) años después de emitirse la regulación correspondiente.</p> <p>Parágrafo 1°. El Ministerio de Minas y Energía diseñará una estrategia para promover el registro de usuarios del mercurio al interior de su sector y en la medida en que el registro sea obligatorio para otras actividades productivas, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de dicha estrategia.</p> <p>Parágrafo 2°. A partir de la implementación del Registro, las personas naturales y jurídicas que incumplan esta obligación serán sancionadas, el Gobierno Nacional regulará la materia.</p> |
| <p>Artículo 5°. Seguimiento y control a la importación y comercialización del mercurio, arsénico y cianuro. El Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible en coordinación con el Ministerio de Minas y Energía en un término máximo de seis (6) meses, establecerá medidas de control y restricción a la importación y comercialización de mercurio, arsénico y cianuro y los productos que lo contengan y creará un Registro Único Nacional de importadores y comercializadores autorizados.</p> <p>Las autoridades aduanera y policivas, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.</p> | <p>Artículo 5°. Seguimiento y control a la importación y comercialización del mercurio. El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en coordinación con el Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) en un término máximo de dos (2) años, <u>establecerán</u> medidas de control y restricción a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contengan y creará un Registro Único Nacional de importadores y comercializadores autorizados.</p> <p>Las autoridades aduanera y policivas, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.</p> |
| <p>Artículo 6°. Producción más limpia en el sector minero. En el periodo de cinco (5) años, propuesto en el artículo 3° de esta ley, el Ministerio de Minas y Energía, con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colciencias y las diferentes universidades del país, el sector privado, las autoridades ambientales y demás entidades competentes desarrollarán convenios, proyectos, programas y estrategias de producción más limpia, para alcanzar la meta propuesta de eliminación del uso del mercurio, arsénico y cianuro en el sector minero.</p> | <p>Artículo 6°. Producción más limpia en el sector minero. En el periodo de cinco (5) años, propuesto en el artículo 3° de esta ley, el Ministerio de Minas y Energía, con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colciencias y las diferentes universidades del país, el sector privado, las autoridades ambientales y demás entidades competentes desarrollarán convenios, proyectos, programas y estrategias de producción más limpia, para alcanzar la meta propuesta de eliminación del uso del mercurio, en el sector minero.</p> |
| <p>Artículo 7°. Alternativas limpias. El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, “Colciencias”, fomentará la realización de investigaciones de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio, arsénico y cianuro. El desarrollo y aplicación de las mismas y realizará convenios de investigación con el sector privado Ministerio de Educación, el Sena y las diferentes universidades del país en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía y las empresas proveedoras de servicios públicos de los lugares implicados (agua, electricidad, gas) realizarán programas de educación, capacitación, fortalecimiento empresarial y asistencia técnica, sobre la inserción de las tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productivos asociados, que requieren de la utilización del mercurio, arsénico y cianuro.</p> <p>Estos programas se destinarán a la población en general, con el fin de informar respecto de los riesgos y afectaciones a la salud humana y al medio ambiente por la exposición al mercurio, arsénico y cianuro.</p> | <p>Artículo 7°. Alternativas limpias. El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-Colciencias, fomentará la realización de investigaciones de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio, el desarrollo y aplicación de las mismas y realizará convenios de investigación con el sector privado, Ministerio de Educación, el Sena y las diferentes universidades del país, <u>para que</u> en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía y las empresas proveedoras de servicios públicos de los lugares implicados (agua, electricidad, gas) realizarán programas de educación, capacitación, fortalecimiento empresarial y asistencia técnica, sobre la inserción de las tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productivos asociados, que requieren de la utilización del mercurio.</p> <p>Estos programas se <u>destinarán</u> a la población en general, con el fin de informar respecto de los riesgos y afectaciones a la salud humana y al medio ambiente por la exposición al mercurio.</p> |
| <p>Artículo 8° Reglamentación. El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con los demás Ministerios competentes (los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social, el Ministerio de Trabajo, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Transporte; el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo) y, sectorialmente y en el marco de sus competencias, deberán suscribir un Plan Único Nacional de Mercurio, arsénico y cianuro elaborará los reglamentos técnicos en el término máximo de un año, una vez finalizado el registro del artículo 4° para el desarrollo de las actividades relacionadas</p> | <p>Artículo 8°. Reglamentación. El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con los demás <u>ministerios</u> competentes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Trabajo, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Transporte y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo) y, sectorialmente y en el marco de sus competencias, deberán suscribir un Plan Único Nacional de Mercurio <u>y elaborarán</u> los reglamentos técnicos en el término máximo de un año, una vez finalizado el registro del artículo 4° para el desarrollo de las actividades relacionadas con cada una de las etapas</p> |

| TEXTO APROBADO EN SEGUNDO DEBATE POR PLENARIA DE CÁMARA | TEXTO PROPUESTO EN PONENCIA PARA TERCER DEBATE |
|--|--|
| con cada una de las etapas del ciclo de vida del mercurio, arsénico y cianuro (uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final). | del ciclo de vida del mercurio (uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final). |
| <p>Artículo 9°. <i>Prohibición de nuevas plantas de beneficio de minerales preciosos y control de las existentes.</i> Se prohíbe la ubicación de nuevas plantas de beneficio de oro que usen mercurio, arsénico y cianuro y la quema de amalgama de mercurio, arsénico y cianuro y oro, en zonas de uso residencial, comercial, institucional y recreativo.</p> <p>Parágrafo. Para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con el funcionamiento de las nuevas plantas de beneficio de oro, se requerirá por parte de la autoridad ambiental competente la respectiva Licencia Ambiental dado el deterioro grave que estas actividades generan al ambiente y a la salud.</p> <p>En los casos de las plantas de beneficio de oro existentes al momento de la expedición de la presente ley y que se encuentren en las zonas de uso del suelo señaladas como prohibidas en el párrafo anterior, tendrán un plazo máximo de tres (3) años para su reubicación a partir de la publicación de la presente ley.</p> <p>Para tal fin las autoridades municipales deberán definir zonas de uso compatible para el desarrollo de esta actividad en los Planes de Ordenamiento Territorial, los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial o los Esquemas de Ordenamiento Territorial según sea el caso. Estas actividades también podrán ser realizadas en áreas cobijadas por títulos mineros debidamente inscritos en el registro nacional minero que cuenten con autorización ambiental para el desarrollo de tales actividades.</p> <p>No obstante lo anterior y mientras dure el proceso de reubicación de las mencionadas plantas los titulares de las mismas deberán adoptar un plan de manejo ambiental y reducción de mercurio, arsénico y cianuro, el cual será reglamentado por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en un término no mayor de seis (6) meses a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, y cuyo control y seguimiento estará a cargo de la autoridad ambiental del área de jurisdicción de la planta.</p> <p>Con el fin de identificar las plantas de beneficio existentes antes de la promulgación de la presente ley y ubicadas en las zonas prohibidas en el presente artículo, los alcaldes municipales junto con las autoridades ambientales, sanitarias y mineras realizarán un censo de los mismos en un término no mayor a un (1) año a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, con el fin de diseñar e implementar un programa de reubicación de tales actividades de acuerdo con lo establecido en el presente artículo.</p> <p>Una vez terminado el plazo previsto en el presente artículo, los alcaldes, las autoridades ambientales, y/o las demás autoridades competentes, procederán al cierre de las plantas de beneficio de oro que se encuentren en zonas prohibidas señaladas en el presente artículo y/o que no cumplan con la normativa ambiental vigente.</p> | <p>Artículo 9°. <i>Prohibición de nuevas plantas de beneficio de minerales preciosos y control de las existentes.</i> Se prohíbe la ubicación de nuevas plantas de beneficio de oro que usen mercurio y la quema de amalgama de mercurio y oro, en zonas de uso residencial, comercial, institucional y recreativo.</p> <p>Parágrafo. Para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con el funcionamiento de las nuevas plantas de beneficio de oro, se requerirá por parte de la autoridad ambiental competente la respectiva <u>licencia ambiental</u> dado el deterioro grave que estas actividades generan al ambiente y a la salud.</p> <p>En los casos de las plantas de beneficio de oro existentes al momento de la expedición de la presente ley y que se encuentren en las zonas de uso del suelo señaladas como prohibidas en el párrafo anterior, tendrán un plazo máximo de tres (3) años para su reubicación a partir de la publicación de la presente Ley.</p> <p>Para tal fin las autoridades municipales deberán definir zonas de uso compatible para el desarrollo de esta actividad en los Planes de Ordenamiento Territorial, los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial o los Esquemas de Ordenamiento Territorial según sea el caso. Estas actividades también podrán ser realizadas en áreas cobijadas por títulos mineros debidamente inscritos en el registro nacional minero que cuenten con autorización ambiental para <u>su</u> desarrollo.</p> <p>No obstante lo anterior y mientras dure el proceso de reubicación de las mencionadas plantas, los titulares de las mismas deberán adoptar un plan de manejo ambiental y reducción de mercurio, el cual será reglamentado por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en un término no mayor de seis (6) meses a partir de la entrada en vigencia de la presente <u>Ley</u>, y cuyo control y seguimiento estará a cargo de la autoridad ambiental del área de jurisdicción de la planta.</p> <p>Con el fin de identificar las plantas de beneficio existentes antes de la promulgación de esta ley y ubicadas en las zonas prohibidas en el presente artículo, los alcaldes municipales junto con las autoridades ambientales, sanitarias y mineras realizarán un censo de los mismos en un término no mayor a un (1) año a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, con el fin de diseñar e implementar un programa de reubicación de tales actividades de acuerdo con lo establecido en el presente artículo.</p> <p>Una vez terminado el plazo previsto en el presente artículo, los alcaldes, las autoridades ambientales, y/o las demás autoridades competentes, procederán al cierre de las plantas de beneficio de oro que se encuentren en zonas prohibidas señaladas en el presente artículo y/o que no cumplan con la normativa ambiental vigente.</p> |
| <p>Artículo 10. <i>Incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio, arsénico y cianuro en el sector minero.</i> A fin de lograr la reducción y posterior eliminación del uso de mercurio, arsénico y cianuro en el beneficio del mineral de oro, así como la reubicación de plantas de beneficio de oro existentes antes de la entrada en vigencia de la presente ley, se adelantarán los siguientes programas de incentivos:</p> <p>a) Ofrecer por una única vez, y en un período de cinco (5 años) contados a partir de la promulgación de la presente ley, créditos blandos, a través del Banco Agrario, empresas prestadoras de Servicios Públicos u otra agencia del estado especializada, a los dueños de las plantas de beneficio de oro, para que hagan reconversión tecnológica para la reducción y eliminación del uso de mercurio, arsénico y cianuro y para la reubicación o traslado de dichas plantas a zonas compatibles con el plan de ordenamiento territorial. Estos incentivos se otorgarán con preferencia a los mineros que procesen hasta 40 toneladas/día de material.</p> | <p>Artículo 10. <i>Incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio en el sector minero.</i> A fin de lograr la reducción y posterior eliminación del uso de mercurio en el beneficio del mineral de oro, así como la reubicación de plantas de beneficio de oro existentes antes de la entrada en vigencia de la presente ley, se adelantarán los siguientes programas de incentivos:</p> <p>a) Ofrecer por una única vez, y en un período de cinco (5 años) contados a partir de la promulgación de la presente <u>Ley</u>, créditos blandos, a través del Banco Agrario, empresas prestadoras de <u>servicios públicos</u> u otra agencia del <u>Estado</u> especializada, a los dueños de las plantas de beneficio de oro, para que hagan reconversión tecnológica para la reducción y eliminación del uso de mercurio y para la reubicación o traslado de dichas plantas a zonas compatibles con el plan de ordenamiento territorial. Estos incentivos se otorgarán con preferencia a los mineros que procesen hasta 40 toneladas/día de material.</p> |

| TEXTO APROBADO EN SEGUNDO DEBATE POR PLENARIA DE CÁMARA | TEXTO PROPUESTO EN PONENCIA PARA TERCER DEBATE |
|---|---|
| <p>Estos incentivos no aplicarán en los casos que se requiera realizar la reconversión tecnológica en zonas prohibidas de las que trata el artículo 9°;</p> <p>b) Exención de aranceles a importación de equipos, que conadyuven a la eliminación del mercurio, arsénico y cianuro en las diferentes actividades productivas.</p> <p>Parágrafo. El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y/o el Fondo de Desarrollo Regional asignarán las partidas presupuestales que sean necesarias, para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la presente ley en cabeza de los diferentes Ministerios, entidades territoriales y autoridades competentes.</p> | <p>Estos incentivos no aplicarán en los casos que se requiera realizar la reconversión tecnológica en zonas prohibidas de las que trata el artículo 9°.</p> <p>Parágrafo. El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y/o el Fondo de Desarrollo Regional, asignarán o <u>promoverán</u> las partidas presupuestales que sean necesarias, para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la presente Ley en cabeza de los diferentes ministerios, entidades territoriales y autoridades competentes.</p> |
| <p>Artículo nuevo. Decomiso. El incumplimiento de los preceptos de que trata la presente ley, y las que establezcan los reglamentos, dará lugar al decomiso respectivo, el procedimiento de decomiso se efectuará de conformidad con las medidas previstas en los reglamentos, expedidos por el Ministerio de Minas y Energía, sin perjuicio de las demás sanciones que establezcan los reglamentos.</p> | <p>Artículo 11. Decomiso. El incumplimiento de los preceptos de que trata la presente Ley, y las que establezcan los reglamentos, dará lugar al decomiso respectivo. El procedimiento de decomiso se efectuará de conformidad con las medidas previstas en los reglamentos, expedidos por el Ministerio de Minas y Energía, sin perjuicio de las demás sanciones que establezcan los reglamentos.</p> |
| <p>Artículo nuevo. Sanciones. Aquellos funcionarios que incumplan lo dispuesto en la presente ley y en los reglamentos serán sancionados disciplinariamente y su conducta será entendida como grave al tenor de lo establecido en la Ley 734 de 2002.</p> | <p>Artículo 12. Sanciones. Aquellos funcionarios que incumplan lo dispuesto en la presente Ley y en los reglamentos, serán sancionados disciplinariamente y su conducta será entendida como grave al tenor de lo establecido en la Ley 734 de 2002.</p> |
| <p>Artículo 11. Vigencia. La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el <i>Diario Oficial</i>.</p> | <p>Artículo 13. Vigencia. La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el <i>Diario Oficial</i>.</p> |

VI. Proposición

Presento ponencia positiva y propongo a la honorable Comisión Quinta del Senado de la República dar primer debate al Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado, 036 de 2012 Cámara, *por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones*, con las modificaciones planteadas.

Maritza Martínez Aristizábal,
Ponente.

TEXTO PROPUESTO PARA PRIMER DEBATE AL PROYECTO DE LEY NÚMERO 168 DE 2012 SENADO, 036 DE 2012 CÁMARA

por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de Colombia
DECRETA

Artículo 1°. Objeto. A efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, reglámenese en todo el territorio nacional el uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, cualquiera que ellas sean.

Artículo 2°. Acuerdos y convenios de cooperación internacional. Se adoptará una política nacional en materia de salud, seguridad y medio ambiente para la reducción y eliminación del uso del mercurio

en las diferentes actividades industriales del país donde se utilice dicha sustancia; para lo cual se podrán suscribir convenios, programas y proyectos de cooperación internacional con el fin de aprovechar la experiencia, la asesoría, la capacitación, la tecnología, los recursos humanos, financieros y técnicos, de dichos organismos para promover la reducción y eliminación del uso del mercurio.

Artículo 3°. Reducción y eliminación del uso de mercurio. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Trabajo establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible, el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país.

Erradíquese el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a 10 años y para la minería en un plazo máximo de 5 años. El Gobierno Nacional dispondrá todos los instrumentos tecnológicos y las respectivas decisiones con todos los entes y organizaciones responsables del ambiente y el desarrollo sostenible.

El Ministerio de Minas y Energía, Colciencias y las diferentes universidades del país liderarán la implementación de estrategias y medidas de reducción y eliminación del uso del mercurio al interior de su sector con la participación de los actores involucrados.

En la medida que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio en otras actividades industriales, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, basados en investigaciones realizadas por las

diferentes universidades del país en convenio con Colciencias.

Las autoridades ambientales, urbanas, regionales y de desarrollo sostenible, así como las Secretarías de Salud y las direcciones territoriales de trabajo, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

Artículo 4°. *Registro de usuarios de mercurio.* El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentará en un término no mayor a seis (6) meses a partir de la promulgación de la presente ley, el establecimiento del Registro de Usuarios de mercurio de manera gradual, comenzando por el sector minero del país. Este registro será implementado por las autoridades ambientales bajo el Registro Único Ambiental, del Sistema de Información Ambiental que administra el Ideam en un plazo no mayor a dos (2) años después de emitirse la regulación correspondiente.

Parágrafo 1°. El Ministerio de Minas y Energía diseñará una estrategia para promover el registro de usuarios del mercurio al interior de su sector y en la medida en que el registro sea obligatorio para otras actividades productivas, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de dicha estrategia.

Parágrafo 2°. A partir de la implementación del Registro, las personas naturales y jurídicas que incumplan esta obligación serán sancionadas; el Gobierno Nacional regulará la materia.

Artículo 5°. *Seguimiento y control a la importación y comercialización del mercurio.* El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) en un término máximo de dos (2) años, establecerán medidas de control y restricción a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contengan y creará un Registro Único Nacional de importadores y comercializadores autorizados.

Las autoridades aduanera y policivas, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

Artículo 6°. *Producción más limpia en el sector minero.* En el periodo de cinco (5) años, propuesto en el artículo 3° de esta ley, el Ministerio de Minas y Energía, con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colciencias y las diferentes universidades del país, el sector privado, las autoridades ambientales y demás entidades competentes desarrollarán convenios, proyectos, programas y estrategias de producción más limpia, para alcanzar la meta propuesta de eliminación del uso del mercurio, en el sector minero.

Artículo 7°. *Alternativas limpias.* El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias, fomentará la realización de investigaciones de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio, el desarrollo y aplicación de las mismas y realizará convenios de investigación con el sector privado, Ministerio

de Educación, el Sena y las diferentes universidades del país, para que en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía y las empresas proveedoras de servicios públicos de los lugares implicados (agua, electricidad, gas) realizarán programas de educación, capacitación, fortalecimiento empresarial y asistencia técnica, sobre la inserción de las tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productivos asociados, que requieren de la utilización del mercurio.

Estos programas se destinarán a la población en general, con el fin de informar respecto de los riesgos y afectaciones a la salud humana y al medio ambiente por la exposición al mercurio.

Artículo 8°. *Reglamentación.* El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con los demás ministerios competentes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Trabajo, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Transporte y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo) y, sectorialmente y en el marco de sus competencias, deberán suscribir un Plan Único Nacional de Mercurio y elaborarán los reglamentos técnicos en el término máximo de un año, una vez finalizado el registro del artículo 4° para el desarrollo de las actividades relacionadas con cada una de las etapas del ciclo de vida del mercurio (uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final).

Artículo 9°. *Prohibición de nuevas plantas de beneficio de minerales preciosos y control de las existentes.* Se prohíbe la ubicación de nuevas plantas de beneficio de oro que usen mercurio y la quema de amalgama de mercurio y oro, en zonas de uso residencial, comercial, institucional y recreativo.

Parágrafo. Para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con el funcionamiento de las nuevas plantas de beneficio de oro, se requerirá por parte de la autoridad ambiental competente la respectiva licencia ambiental dado el deterioro grave que estas actividades generan al ambiente y a la salud.

En los casos de las plantas de beneficio de oro existentes al momento de la expedición de la presente ley y que se encuentren en las zonas de uso del suelo señaladas como prohibidas en el párrafo anterior, tendrán un plazo máximo de tres (3) años para su reubicación a partir de la publicación de la presente ley.

Para tal fin las autoridades municipales deberán definir zonas de uso compatible para el desarrollo de esta actividad en los Planes de Ordenamiento Territorial, los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial o los Esquemas de Ordenamiento Territorial según sea el caso. Estas actividades también podrán ser realizadas en áreas cobijadas por títulos mineros debidamente inscritos en el registro nacional minero que cuenten con autorización ambiental para su desarrollo.

No obstante lo anterior y mientras dure el proceso de reubicación de las mencionadas plantas, los titulares de las mismas deberán adoptar un plan de manejo ambiental y reducción de mercurio, el cual será reglamentado por parte del Ministerio de

Ambiente y Desarrollo Sostenible en un término no mayor de seis (6) meses a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, y cuyo control y seguimiento estará a cargo de la autoridad ambiental del área de jurisdicción de la planta.

Con el fin de identificar las plantas de beneficio existentes antes de la promulgación de esta Ley y ubicadas en las zonas prohibidas en el presente artículo, los alcaldes municipales junto con las autoridades ambientales, sanitarias y mineras realizarán un censo de los mismos en un término no mayor a un (1) año a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, con el fin de diseñar e implementar un programa reubicación de tales actividades de acuerdo con lo establecido en el presente artículo.

Una vez terminado el plazo previsto en el presente artículo, los alcaldes, las autoridades ambientales, y/o las demás autoridades competentes, procederán al cierre de las plantas de beneficio de oro que se encuentren en zonas prohibidas señaladas en el presente artículo y/o que no cumplan con la normativa ambiental vigente.

Artículo 10. Incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio en el sector minero. A fin de lograr la reducción y posterior eliminación del uso de mercurio en el beneficio del mineral de oro, así como la reubicación de plantas de beneficio de oro existentes antes de la entrada en vigencia de la presente ley, se adelantarán los siguientes programas de incentivos:

a) Ofrecer por una única vez, y en un período de cinco (5) años contados a partir de la promulgación de la presente ley, créditos blandos, a través del Banco Agrario, empresas prestadoras de servicios públicos u otra agencia del Estado especializada, a los dueños de las plantas de beneficio de oro, para que hagan reconversión tecnológica para la reduc-

ción y eliminación del uso de mercurio y para la reubicación o traslado de dichas plantas a zonas compatibles con el plan de ordenamiento territorial. Estos incentivos se otorgarán con preferencia a los mineros que procesen hasta 40 toneladas/día de material.

Estos incentivos no aplicarán en los casos que se requiera realizar la reconversión tecnológica en zonas prohibidas de las que trata el artículo 9°.

Parágrafo. El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Fondo de Desarrollo Regional, asignarán o promoverán las partidas presupuestales que sean necesarias, para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la presente ley en cabeza de los diferentes ministerios, entidades territoriales y autoridades competentes.

Artículo 11. Decomiso. El incumplimiento de los preceptos de que trata la presente ley, y las que establezcan los reglamentos, dará lugar al decomiso respectivo. El procedimiento de decomiso se efectuará de conformidad con las medidas previstas en los reglamentos, expedidos por el Ministerio de Minas y Energía, sin perjuicio de las demás sanciones que establezcan los reglamentos.

Artículo 12. Sanciones. Aquellos funcionarios que incumplan lo dispuesto en la presente ley y en los reglamentos, serán sancionados disciplinariamente y su conducta será entendida como grave al tenor de lo establecido en la Ley 734 de 2002.

Artículo 13. Vigencia. La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el *Diario Oficial*.

Maritza Martínez Aristizábal,

Ponente.

CONCEPTOS JURÍDICOS

CONCEPTO JURÍDICO DEL MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL AL PROYECTO DE LEY NÚMERO 90 DE 2012 SENADO

por la cual se modifica el Régimen de Pensión de Vejez por alto riesgo para los controladores de tránsito aéreo de la Aeronáutica Civil.

Bogotá, D. C., 5 de diciembre de 2012

Doctor

JESÚS MARÍA ESPAÑA VERGARA

Secretario Comisión Séptima

Senado de la República

Bogotá, D. C.

Asunto: Proyecto de ley número 90 de 2012 Senado, *por la cual se modifica el Régimen de Pensión de Vejez por alto riesgo para los controladores de tránsito aéreo de la Aeronáutica Civil.*

Señor Secretario:

La iniciativa parlamentaria del asunto se encuentra pendiente de discutir ponencia para primer debate en esa Comisión. En consecuencia, consideramos oportuno dar a conocer el concepto institucional

desde la óptica del Sector de la Salud y Protección Social, tomando como base el texto propuesto para primer debate, publicado en la *Gaceta del Congreso* número 750 de 2012.

Inicialmente y antes de entrar a pronunciarnos de fondo respecto del articulado propuesto, es oportuno recordar que el tema relacionado con el régimen pensional de los controladores de tránsito aéreo de la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, fue objeto de debate en anterior legislatura (Proyecto de ley número 30 de 2011 Senado), frente al cual, este Ministerio en su momento emitió pronunciamiento según Radicado número 59102 del 23 de marzo de 2012, dirigido a esa Secretaría.

I. Pretensiones de la propuesta y su articulado

El proyecto de ley en referencia según se indica en su exposición de motivos, tiene como finalidad "(...) *modificar el régimen pensional de vejez de los controladores de tránsito aéreo de la Aeronáutica Civil, teniendo en cuenta que conforme a estudios y criterios técnicos y jurídicos se ha establecido que quienes desempeñan funciones de controladores de tránsito aéreo, desarrollan una actividad de alto*

riesgo que les generan disminución de expectativa de vida saludable, razón suficiente para darles un trato especial”.

Se indican igualmente allí las razones técnicas y científicas que a juicio del autor de la iniciativa, justifican mantener el régimen especial que en cuanto a pensiones ampara a los controladores de tránsito aéreo en Colombia, razones con base en las cuales concluye que “(...) nuestro ordenamiento jurídico necesita con urgencia un elemento normativo definitivo que permita, que los controladores aéreos de nuestro país, por el hecho de tener en sus manos el destino, integridad y vida de muchas personas que frecuente o esporádicamente hacen parte del grupo significativo de usuarios del transporte aéreo en Colombia, estén amparados de manera permanente por una prerrogativa laboral que dignifique sus labores”.

Ahora, los cinco artículos de que se compone la iniciativa, desarrollan la materia de la siguiente manera:

El artículo 1º, señala como destinatarios de la iniciativa a los servidores públicos que desempeñen funciones de controladores de tránsito aéreo de la Aeronáutica Civil o la entidad que haga sus veces; el artículo 2º se pronuncia sobre el monto de la cotización especial, previendo para el efecto, el establecido en la Ley 100 de 1993, modificada por la Ley 797 de 2003, más diez (10) puntos adicionales a cargo del empleador; el artículo 3º señala que se tendrá sin solución de continuidad el lapso transcurrido entre el 31 de julio de 2010 y la fecha de entrada en vigencia de la ley que busca expedirse a través de la presente iniciativa y finalmente, el artículo 4º dispone la remisión a las Leyes 100 de 1993 y 797 de 2003, en lo no previsto en la propuesta normativa.

II. Análisis de constitucionalidad

Para este Ministerio es necesario exponer brevemente su criterio respecto del cumplimiento de exigencias de carácter constitucional y legal, relacionadas con la competencia, forma y procedimiento a la que debe someterse el trámite de la propuesta –por ser parámetros de orden obligatorio–, para posteriormente abordar el contenido sustancial del proyecto puesto a consideración.

En primer lugar, ha de resaltarse que examinada la materia que se pretende abordar, se encuentra que puede corresponder a una de aquellas de iniciativa privativa del Gobierno, conforme lo señala el inciso 2º del artículo 154 de nuestra Carta Política y el artículo 142 de la Ley 5ª de 1992.

Al respecto, la Honorable Corte Constitucional en la Sentencia C-821 de 2011, al resolver la objeción presidencial presentada en contra de la aprobación del Proyecto de ley número 91 de 2010 Senado y 63 de 2009 Cámara, que buscaba modificar la Ley 860 de 2003, a fin de que a los agentes de tránsito y transporte y demás funcionarios del grupo de control vial de los organismos de tránsito de los entes territoriales se les aplicará el Régimen del Sistema General de Pensión de Vejez por Exposición a Alto Riesgo, efectuó el siguiente análisis:

“Inicialmente, esta Corporación examinará si la presentación de un proyecto de ley, que incluya a los agentes de tránsito en el régimen de pensión de

alto riesgo, por parte del Congreso de la República y sin aval del Gobierno Nacional, constituye una infracción a la reserva de iniciativa gubernamental establecida por el artículo 154 de la Constitución.

Con el objetivo de resolver el anterior cuestionamiento, en primer lugar se analizará si los agentes de tránsito y transporte y demás funcionarios del grupo de control vial de los organismos de tránsito de los entes territoriales son empleados públicos; y en segundo lugar, si la inclusión de estos en el régimen especial de pensión de vejez por exposición de alto riesgo constituye una modificación al sistema prestacional de los empleados públicos; con el objetivo de establecer si el tema tratado en el proyecto de ley es objeto de iniciativa legislativa reservada.

Determinado lo anterior, se indagará si la presentación del referido proyecto de ley por el Congreso de la República sin el aval del Gobierno es una trasgresión al artículo 154 Superior.

La primera verificación que se debe realizar en este caso es aquella que consiste en determinar si los agentes de tránsito y transporte y demás funcionarios de control vial son empleados públicos, pues esta iniciativa reservada únicamente está consagrada para este tipo de servidores públicos.

El artículo 2º de la Ley 1310 de 2009 establece que los agentes de tránsito y transporte son: Todo empleado público investido de autoridad para regular la circulación vehicular y peatonal, vigilar, controlar e intervenir en el cumplimiento de las normas de tránsito y transporte en cada uno de los entes territoriales.

Así las cosas, la reserva sobre la iniciativa legislativa otorgada al Gobierno por virtud del inciso 2º del artículo 154 Constitucional es aplicable a este tipo de servidores, ya que ostentan la calidad de empleados públicos.

La segunda comprobación que se debe llevar a cabo en este caso es indagar si la inclusión de los agentes de tránsito en el régimen especial de pensión de vejez por exposición de alto riesgo constituye una modificación al sistema prestacional de los empleados públicos.

Esta Corporación en Sentencia C-432 de 2004 analizó cuál era la interpretación adecuada de la expresión régimen prestacional, pues, dada la vaguedad e imprecisión del concepto, se generaban serias dificultades hermenéuticas al momento de determinar cuáles obligatoriamente debían ser incluidas bajo la reserva de ley marco al amparo constitucional de 1991. Sobre el particular señaló:

“(…), es posible concluir que el concepto régimen prestacional, no sólo se limita a reconocer las prestaciones que tienen su origen de manera directa en la relación de trabajo, sino también todas aquellas otras que se ocasionan por motivo de su existencia, tales como las pensiones de vejez, invalidez y sobrevivientes, el auxilio funerario, y aquellas contingencias derivadas de los riesgos en salud” (Negrillas fuera del texto).

En este orden de ideas, al entenderse incluido dentro del concepto de prestaciones sociales todas aquellas prestaciones destinadas a cubrir los riesgos o contingencias propias de la seguridad social

y que los agentes de tránsito y transporte son empleados públicos, como se demostró con anterioridad, no queda duda alguna que la modificación que pensaba realizarse por medio del Proyecto de ley número 91 de 2010 Senado y 63 de 2009 Cámara debió efectuarse bajo los lineamientos del inciso 2° del artículo 154 de la Constitución". (Subrayado fuera del texto).

Analizados los anteriores supuestos de hecho, se observa que el artículo 154 Constitucional, restringe a iniciativa del Gobierno Nacional, las leyes a que refieren, entre otros, el literal e) del artículo 150 ibídem, relacionado con la fijación del "(...) *régimen salarial y prestacional de los empleados públicos, de los miembros del Congreso Nacional y la Fuerza Pública*", dentro de los cuales se encuentran los empleados públicos de la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, por lo que al ser materia de este proyecto su régimen prestacional, encontramos que se presentarían vicios de competencia.

De otra parte, el parágrafo 2° del artículo 48 de la Constitución Política, adicionado por el artículo 1° del Acto Legislativo número 01 de 2005, establece que:

"A partir de la vigencia del presente Acto Legislativo no podrán establecerse en pactos, convenciones colectivas de trabajo, laudos o acto jurídico alguno, condiciones pensionales diferentes a las establecidas en las leyes del Sistema General de Pensiones". (Subrayado nuestro).

Así mismo, el parágrafo transitorio 2° ibídem, adicionado por el artículo 1° del Acto Legislativo número 01 de 2005, señala:

"Sin perjuicio de los derechos adquiridos, el régimen aplicable a los miembros de la Fuerza Pública y al Presidente de la República, y lo establecido en los parágrafos del presente artículo, la vigencia de los regímenes pensionales especiales, los exceptuados, así como cualquier otro distinto al establecido de manera permanente en las leyes del Sistema General de Pensiones expirará el 31 de julio del año 2010". (Subrayado nuestro).

De acuerdo con la norma constitucional citada en precedencia, es claro que a partir de su vigencia, no podrán establecerse en pactos, convenciones colectivas de trabajo, laudos o acto jurídico alguno, condiciones pensionales diferentes a las establecidas en las leyes del Sistema General de Pensiones y que la vigencia de los regímenes pensionales especiales, los exceptuados, así como cualquier otro distinto al establecido de manera permanente en dichas leyes, expiró el 31 de julio del año 2010.

Por lo tanto, a la luz del acto legislativo en mención, se entiende modificado el artículo 8° del Decreto número 2090 de 2003 según el cual *"El régimen de pensiones especiales para las actividades de alto riesgo previstas en este decreto, solo cubrirá a los trabajadores vinculados a las mismas hasta el 31 de diciembre del año 2014"*.

Visto lo anterior, se tiene que lo dispuesto en el artículo 3° del proyecto de ley en comentario, en cuanto establece que: "Se tendrá sin solución de continuidad para todos los efectos de la presente ley el lapso transcurrido entre el 31 de julio de 2010 y la

fecha de su vigencia", tiene como finalidad ampliar la vigencia del régimen de pensión especial por actividades de alto riesgo para los controladores de tránsito aéreo, a través de la figura de "sin solución de continuidad", en el periodo comprendido entre el 31 de julio de 2010 hasta la entrada en vigencia de la iniciativa que busca convertirse en ley, por lo que su aplicación desconocería el límite de vigencia para los regímenes pensionales especiales, señalado por el constituyente (Acto Legislativo número 01 de 2005), que estableció como fecha límite el 31 de julio de 2010.

II. Del impacto y sostenibilidad fiscal

De otra parte, si bien el proyecto desde el punto de vista formal, responde a criterios de unidad de materia y titulación, se considera que el mismo no tuvo en cuenta el impacto fiscal de que trata el artículo 7° de la Ley 819 de 2003, *"por la cual se dictan normas orgánicas en materia de presupuesto, responsabilidad y transparencia fiscal y se dictan otras disposiciones"*, el cual señala:

"Artículo 7°. Análisis del impacto fiscal de las normas. En todo momento, el impacto fiscal de cualquier proyecto de ley, ordenanza o acuerdo, que ordene gasto o que otorgue beneficios tributarios, deberá hacerse explícito y deberá ser compatible con el Marco Fiscal de Mediano Plazo.

*Para estos propósitos, **deberá incluirse expresamente en la exposición de motivos y en las ponencias de trámite respectivas los costos fiscales de la iniciativa y la fuente de ingreso adicional generada para el financiamiento de dicho costo.***

*El Ministerio de Hacienda y Crédito Público, en cualquier tiempo durante el respectivo trámite en el Congreso de la República, deberá rendir su concepto frente a la consistencia de lo dispuesto en el inciso anterior. En ningún caso este concepto podrá ir en contravía del Marco Fiscal de Mediano Plazo. Este informe será publicado en la **Gaceta del Congreso**.*

Los proyectos de ley de iniciativa gubernamental, que planteen un gasto adicional o una reducción de ingresos, deberán contener la correspondiente fuente sustitutiva por disminución de gasto o aumentos de ingresos, lo cual deberá ser analizado y aprobado por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

En las entidades territoriales, el trámite previsto en el inciso anterior será surtido ante la respectiva Secretaría de Hacienda o quien haga sus veces". (Negrilla fuera del texto).

Es así como en la Sentencia C-700 de 2010, la Corte Constitucional expresó:

"Desde el año 2004, la jurisprudencia se ha encargado de precisar el alcance del artículo 7° de la Ley 819 de 2003, con motivo de las objeciones gubernamentales propuestas contra proyectos aprobados en el Congreso de la República...".

... Del anterior recuento jurisprudencia (pueden deducirse las siguientes subreglas: i) las obligaciones previstas en el artículo 7° de la Ley 819 de 2003 constituyen un parámetro de racionalidad legislativa, que cumple fines constitucionalmente relevantes como el orden de las finanzas públicas y

la estabilidad macroeconómica; ii) el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 7° de la Ley 819 de 2003 corresponde al Congreso, pero principalmente al Ministro de Hacienda y Crédito Público, en tanto que “es el que cuenta con los datos, los equipos de funcionarios y la experticia en materia económica. Por lo tanto, en el caso de que los congresistas tramiten un proyecto incorporando estimativos erróneos sobre el impacto fiscal, sobre la manera de atender esos nuevos gastos o sobre la compatibilidad del proyecto con el Marco Fiscal de Mediano Plazo, le corresponde al Ministro de Hacienda intervenir en el proceso legislativo para ilustrar al Congreso acerca de las consecuencias económicas del proyecto”; iii) en caso de que el Ministro de Hacienda y Crédito Público no intervenga en el proceso legislativo u omite conceptuar sobre la viabilidad económica del proyecto no lo vicia de inconstitucionalidad, puesto que este requisito no puede entenderse como un poder de veto sobre la actuación del Congreso o una barrera para que el Legislador ejerza su función legislativa, lo cual “se muestra incompatible con el balance entre los poderes públicos y el principio democrático”, y iv) el informe presentado por el Ministro de Hacienda y Crédito Público no obliga a las células legislativas a acoger la posición del Ministro.

(...)

9.5.3.4 Es decir, dentro del trámite legislativo el Ministro del ramo de Hacienda y Crédito Público explicó, de manera exhaustiva, las graves consecuencias que la adopción de estas disposiciones implicarían para las finanzas de los Departamentos, especialmente los más pequeños.

9.5.3.5 Es decir, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público cumplió con suficiencia la obligación contenida en el artículo 7° de la Ley 819 de 2003, y por tanto, como se desarrolló en la parte motiva de esta providencia, surgió en cabeza del Congreso la obligación de discutir y analizar las razones presentadas por el ejecutivo. Sin embargo, dentro del trámite del proyecto de ley no existe ninguna consideración ni sobre el impacto fiscal del proyecto ni del informe presentado por el Ministro.

9.5.3.6 Además, una vez presentadas las objeciones por parte del Ejecutivo, el Congreso no hizo observación alguna sobre las repercusiones fiscales de las disposiciones objetadas. En efecto, en la *Gaceta del Congreso* número 495 del 12 de junio de 2009, en la que se publicó el informe de objeciones, se observa que el Congreso no mencionó siquiera el tema del impacto fiscal del proyecto de ley. Se limitó a contestar las objeciones del Presidente dirigidas a la vulneración del artículo 299 de la Carta, en cuanto a la delegación que el artículo 4° realiza a las asambleas departamentales para la determinación de los elementos de las prestaciones sociales que no hayan sido fijados en la ley.

9.5.3.7 Visto lo anterior, la Corte estima que en la presente oportunidad i) el Congreso no examinó por sí mismo el impacto fiscal de los artículos 2° y 3° del proyecto de ley de la referencia; ii) el Gobierno, cumplió con la obligación contenida en el artículo 7° de la Ley 819 de 2003 y conceptuó negativamente en relación con la consistencia de lo dispuesto en los mismos artículos y el Marco Fiscal

de Mediano Plazo, agregando que dichas normas tampoco consultaban el estado de las finanzas de las entidades territoriales, y (iii) a pesar de la existencia del pormenorizado informe del Ministerio de Hacienda sobre las graves repercusiones financieras que acarrearía la adopción del proyecto a las entidades territoriales, el legislador no hizo referencia ni análisis alguno del impacto fiscal de las disposiciones dentro del trámite de la ley ni tampoco dentro de la insistencia presentada.

9.5.3.8 Por todo lo anterior, esta Sala considera que presentado el informe por parte del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, surgía, en virtud del artículo 7° de la Ley Orgánica número 819 de 2003, la obligación del Congreso de analizar y discutir las razones aducidas por el ejecutivo. Por ello, se declararán fundadas las objeciones presentadas por el Gobierno en relación con los artículos 2° y 3°.

Ahora bien, el impacto presupuestal del proyecto de ley en comentario podría además desbordar la capacidad fiscal o, cuando menos, afectar el principio de sostenibilidad a que refiere el artículo 1° del Acto Legislativo número 03 de 2011, modificatorio del artículo 334 de la Constitución Política, que dispone:

La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir en el plano nacional y territorial, en un marco de sostenibilidad fiscal, el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano. Dicho marco de sostenibilidad fiscal deberá fungir como instrumento para alcanzar de manera progresiva los objetivos del Estado Social de Derecho. En cualquier caso el gasto público social será prioritario. (...)

La sostenibilidad fiscal debe orientar a las Ramas del Poder Público, dentro de sus competencias, en un marco de colaboración armónica”. (Se resalta).

Para luego, en su párrafo, precisar lo siguiente:

“Párrafo. Al interpretar el presente artículo, bajo ninguna circunstancia, autoridad alguna de naturaleza administrativa, legislativa o judicial, podrá invocar la sostenibilidad fiscal para menoscabar los derechos fundamentales, restringir su alcance o negar su protección efectiva”.

Así las cosas, se tiene que lo dispuesto en el artículo 3° del proyecto de ley en comentario, en cuanto busca ampliar la vigencia del régimen de pensión especial por actividades de alto riesgo para los controladores de tránsito aéreo a través de la figura de “sin solución de continuidad”, tendría consecuencias de carácter fiscal, no contempladas en la iniciativa.

III. Régimen normativo vigente para los controladores aéreos

Históricamente algunos funcionarios de la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Ci-

vil, dada la actividad especial que desarrollan, han tenido una garantía de acceder a la pensión de vejez en condiciones diferentes al resto de los ciudadanos.

Es así como a través de la Ley 7ª de 1961, se estableció un régimen especial de pensiones que les daba la posibilidad de acceder a la pensión de vejez a los radio operadores, técnicos de radio y electricidad y oficiales de meteorología de la Empresa Colombiana de Aeródromos al cumplir veinte (20) años de servicio, cualquiera que fuera su edad.

Para la aplicación de dicho precepto, el Decreto número 1372 de 1966, en su artículo 3º, señaló:

“Son técnicos de radio y de electricidad, los funcionarios que desarrollen las actividades propias de su profesión con fines exclusivamente aeronáuticos, sea cual fuere la denominación de planta de los cargos o nomenclatura dentro de la organización del organismo aeronáutico al cual pertenecen o del Departamento Administrativo del Servicio Civil”.

A partir de tales normas se estableció reiteradamente que era el personal de la Aeronáutica Civil que desarrollará funciones con fines exclusivamente aeronáuticos el que se pensionaba con el régimen especial previsto por la Ley 7ª de 1961 y el Decreto número 1372 de 1966¹.

Posteriormente, con la expedición de la Ley 100 de 1993 y de acuerdo con su artículo 140, fue expedido por el Gobierno Nacional el Decreto número 1835 de 1994, el cual en su artículo 2º consideró como actividades de alto riesgo en la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, las de:

“Técnicos aeronáuticos con funciones de controladores de tránsito aéreo, con licencia expedida o reconocida por la oficina de registro de la Unidad Administrativa especial de Aeronáutica Civil de conformidad con la reglamentación contenida en la resolución No. 03220 de junio 2 de 1994 por medio del cual se modifica el manual de reglamentos aeronáuticos, y demás normas que la modifiquen, adicionen o aclaren.”

“Técnicos aeronáuticos con funciones de radio operadores, con licencia expedida o reconocida por la oficina de registro de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, con base en la reglamentación contenida en la Resolución número 2450 de diciembre 19 de 1974 por medio del cual se adopta el Manual de Reglamentos Aeronáuticos, y demás normas que la modifiquen, adicionen o aclaren”.

Allí se establecieron las condiciones especiales para acceder a la pensión especial de vejez y se consagró en su artículo 12 la obligación para el empleador de efectuar una cotización especial, equivalente a 8,5 puntos adicionales al aporte normal.

Ulteriormente, se derogó el citado decreto y se expidió el Decreto-ley 2090 de 2003, que previó el análisis técnico correspondiente, amparó a los técnicos aeronáuticos con funciones de controladores de tránsito aéreo de la Unidad Administrativa Espe-

cial de la Aeronáutica Civil, con condiciones beneficiosas para acceder a la pensión de vejez.

IV. Análisis de conveniencia

Se encuentra que el párrafo del artículo 1º pretende revivir el plazo de tres (3) meses que consagra el artículo 9º del Decreto-ley 2090 de 2003, para que los trabajadores que se dedicarán a las actividades señaladas en el artículo 2º de dicho decreto y que a la fecha de entrada en vigencia del mismo, estuvieren afiliados al Régimen de Ahorro Individual con Solidaridad, se trasladarán al Régimen de Prima Media con Prestación Definida.

Al punto, cabe resaltar que la referida disposición fue declarada exequible por la Corte Constitucional mediante Sentencia C-030 de 2009, en el entendido de que el plazo de tres (3) meses se contará a partir de la comunicación de la sentencia, el cual a hoy se encuentra totalmente vencido.

Bajo tal contexto, debe anotarse que por tratarse de una sentencia de constitucionalidad, su contenido, especialmente su ratio decidendi, está amparada bajo la figura de la cosa juzgada constitucional², lo que significa, entre otras, que todas las autoridades públicas así como los particulares están obligados a acatarla.

Se tiene entonces que desde el punto de vista constitucional y en virtud de que el plazo para que se surtiera el traslado entre regímenes ya feneció, no podría pretender revivirse a través de una nueva iniciativa, desconociendo que frente al punto, como se anotó, ya hubo pronunciamiento que hizo tránsito a cosa juzgada constitucional.

Conclusiones

La iniciativa legislativa en estudio dado su contenido, cual es, la modificación del régimen de pensión de vejez por alto riesgo para los controladores de tránsito aéreo de la Aeronáutica Civil, no consulta el mandato constitucional consagrado en el inciso 2º del artículo 154 superior, en virtud del cual, como ya se anotó, las leyes relativas al régimen salarial y prestacional de los empleados públicos, de los miembros del Congreso y de la Fuerza Pública, sólo pueden ser reformadas por iniciativa del Gobierno Nacional, encontrándose por tanto en dicha iniciativa vicios de competencia que afectarían su constitucionalidad.

De otra parte, como se resaltó en líneas precedentes, se encuentra que lo dispuesto en el artículo 3º del proyecto de ley en comento, en cuanto tiene como finalidad ampliar la vigencia del régimen de pensión especial por actividades de alto riesgo para los controladores de tránsito aéreo a través de la figura de “sin solución de continuidad”, desconocería el límite de vigencia para los regímenes pensionales especiales, consagrado en el Acto Legislativo número 01 de 2005, que estableció como fecha máxima el 31 de julio de 2010, lo que adicionalmente, tendría consecuencias de carácter fiscal, no contempladas en la iniciativa.

Por las razones anteriormente expuestas, tanto de carácter constitucional como de conveniencia, este Ministerio solicita el archivo del proyecto de

¹ Consejo de Estado, Sala de lo Contencioso Administrativo, Sección Segunda. Sentencia del cuatro (4) de agosto de dos mil diez (2010). Consejero ponente: Víctor Hernando Alvarado Ardila, Radicado Interno: 0112-09.

² Constitución Política. Artículo 243.

ley, dejando así plasmada su posición desde la óptica del Sector de la Salud y Protección Social.

Cordialmente,

Alejandro Gaviria Uribe,

Ministro de Salud y Protección Social.

Ponente: Honorable Senadora Liliana María Rendón Roldán

C. C. Doctor Mauricio Cárdenas Santamaría, Ministro de Hacienda y Crédito Público.

COMISIÓN SÉPTIMA CONSTITUCIONAL
PERMANENTE DEL HONORABLE
SENADO DE LA REPÚBLICA

Bogotá, D. C., a los siete (7) días del mes de diciembre año dos mil doce (2012).

En la presente fecha se autoriza la publicación en la *Gaceta del Congreso*, el Concepto Jurídico, suscrito por el señor Ministerio de Salud y Protección Social, doctor *Alejandro Gaviria Vélez*, en once (11) folios, al Proyecto de ley número 90 de 2012 Senado, *por la cual se modifica el régimen de pensión de vejez por alto riesgo para los controladores de tránsito aéreo de la Aeronáutica Civil*. Autoría del proyecto de ley del honorable Senador *Juan Carlos Vélez Uribe*.

El presente concepto se publica en la *Gaceta del Congreso*, en cumplimiento de lo ordenado en el inciso 5° del artículo 2° de la Ley 1431 de 2011.

El Secretario,

Jesús María España Vergara.

CONTENIDO

Gaceta número 937 - Miércoles, 12 de diciembre de 2012
SENADO DE LA REPÚBLICA

| | Págs. |
|---|-------|
| PONENCIAS | |
| Informe de ponencia para primer debate y texto propuesto al Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado, 036 de 2012 Cámara, por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones..... | 1 |
| CONCEPTOS JURÍDICOS | |
| Concepto jurídico del Ministerio de Salud y Protección Social al Proyecto de ley número 90 de 2012 Senado, por la cual se modifica el Régimen de Pensión de Vejez por alto riesgo para los controladores de tránsito aéreo de la Aeronáutica Civil | 11 |



GACETA DEL CONGRESO

SENADO Y CÁMARA

(Artículo 36, Ley 5ª de 1992)
IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA
www.imprenta.gov.co

ISSN 0123 - 9066

AÑO XXII - N° 613

Bogotá, D. C., martes, 13 de agosto de 2013

EDICIÓN DE 52 PÁGINAS

DIRECTORES:

GREGORIO ELJACH PACHECO
SECRETARIO GENERAL DEL SENADO
www.secretariasenado.gov.co

JORGE HUMBERTO MANTILLA SERRANO
SECRETARIO GENERAL DE LA CÁMARA
www.camara.gov.co

RAMA LEGISLATIVA DEL PODER PÚBLICO

SENADO DE LA REPÚBLICA

ACTAS DE COMISIÓN

COMISIÓN QUINTA
CONSTITUCIONAL PERMANENTE
ACTA NÚMERO 042 DE 2013

(junio 5)

Legislatura 2011-2013 - Primer período

En la ciudad de Bogotá D. C., siendo las 10:40 a. m. del día miércoles cinco (5) de junio de dos mil trece (2013), previa convocatoria de la Mesa Directiva, se reunieron en el salón de sesiones de la Comisión Quinta Constitucional Permanente del Senado de la República, los honorables Senadores miembros de la misma.

– La señora Presidenta de la Comisión honorable Senadora Nora María García Burgos saluda especialmente a todas las personas que han llegado desde el departamento del Meta para asistir al debate y añade: En la mañana de hoy vamos a tocar dos temas, la aprobación de unos proyectos de ley y el debate sobre el alto índice de accidentalidad ocasionado por vehículos del sector de hidrocarburos, especialmente por el incremento verificado en las vías del Meta, Casanare, Arauca y otros departamentos productores, convocado por la Senadora Maritza Martínez.

– Seguidamente y por disposición de la Presidencia, la doctora Delcy Hoyos Abad, Secretaria General de la Comisión, realiza el correspondiente llamado a lista registrándose la presencia de los siguientes Senadores:

Córdoba Suárez Juan de Jesús
Durán Barrera Jaime Enrique
Galvis Méndez Daira de Jesús
García Burgos Nora María

Martínez Aristizábal Maritza y
Sierra Grajales Luis Emilio, constituyendo quórum para deliberar.

– **En el transcurso de la sesión se hicieron presentes los Senadores:**

Alfonso López Héctor Julio
Mora Jaramillo Manuel Guillermo
Name Cardozo José David
Robledo Castillo Jorge Enrique y
Valera Ibáñez Félix José.

– **Con excusas que a continuación se transcriben dejan de asistir los Senadores:**

García Turbay Lidio Arturo y
Rodríguez Sarmiento Milton Arlex.

* * *

Bogotá, D. C., 5 de junio de 2013

Doctora

DELCY ROSARIO HOYOS ABAD

Secretaria

Comisión Quinta Constitucional Permanente

Senado de la República

Ciudad.

Reciba un respetuoso saludo:

Por medio de la presente me permito presentar excusas por mi inasistencia a la sesión programada por la Comisión Quinta para el día 5 de junio, debido a una inesperada calamidad doméstica.

Agradezco la atención prestada.

Cordialmente,

Lidio Arturo García Turbay,
Senador de la República.

Bogotá, D. C., junio 5 de 2013

Doctora

NORA GARCÍA BURGOS

Presidente

Comisión Quinta Constitucional Permanente

Senado de la República

Ciudad.

Por medio de la presente me permito solicitarles se sirvan excusarme por la no asistencia a la Comisión programada para el día de hoy, lo anterior por razones de salud.

Anexo la incapacidad médica respectiva.

Cordial saludo,

Milton A. Rodríguez Sarmiento,

Honorable Senador de la República.

ORDEN DEL DÍA

para la sesión del miércoles 5 de junio de 2013

Lugar: Recinto de la Comisión

I

Llamado a lista y verificación de quórum

II

Discusión y aprobación del Orden del Día

III

Consideración y votación de las Actas 026, 027 de 21 y 27 de noviembre; 028 de 4 de diciembre y 033 y 035 del 10 y 24 de abril de 2013

IV

Citación a la señora Ministra de Transporte, doctora *Cecilia Álvarez Correa*; al Director de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, doctor *Luis Fernando Andrade Moreno*; al Presidente de Ecopetrol S. A., doctor *Javier Gutiérrez Pemberthy*; al Director General del Instituto Nacional de Vías (Invías), doctor *Leonidas Narváez Morales* y al Director de Tránsito y Transporte de la Policía Nacional Brigadier General *Carlos Ramiro Mena Bravo*; a Debate de Control Político sobre la situación actual de las vías por las que hoy circula el petróleo del país, y el estado y avance de los oleoductos así como el alto índice de accidentalidad ocasionado por vehículos del sector de hidrocarburos, especialmente por el incremento verificado en las vías del Meta, Casanare, Arauca y otros departamentos productores.

Con invitación al señor Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, doctor *Juan Gabriel Uribe*; el Presidente de CENIT, doctor *Camilo Marulanda López*, el Presidente de Pacific Rubiales, doctor *José Francisco Arata*, de acuerdo con la Proposición número 62 de 2013.

Proposición número 62

Cítese a la señora Ministra de Transporte, doctora *Cecilia Álvarez Correa*, al Director de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), *Luis Fernando Andrade Moreno*, al Presidente de Eco-

petrol S. A., doctor *Javier Gutiérrez Pemberthy*, al Director General del Instituto Nacional de Vías (Invías), doctor *Leonidas Narváez Morales* y el Director de Tránsito y Transporte de la Policía Nacional Brigadier General *Carlos Ramiro Mena Bravo*; a un debate de control político debido al alto índice de accidentalidad ocasionado por vehículos del sector de hidrocarburos, especialmente por el incremento verificado en las vías del Meta, Casanare, Arauca y otros departamentos productores. Con este debate se verificará igualmente la situación actual de las vías por las que hoy circula el petróleo del país, y el estado y avance de los oleoductos.

Cuestionario para la señora Ministra de Transporte:

1. De acuerdo con la información con que cuenta el Ministerio de Transporte, sírvase remitir cuadro estadístico en el que se refiera la accidentalidad ocurrida en las vías que comunican los departamentos de Cundinamarca, Meta, Casanare y Arauca, durante los últimos diez (10) años, por tipo de accidente, desagregando aquellos que involucran vehículos pesados (categoría) que transporten de hidrocarburos, nafta u otro tipo de sustancias peligrosas utilizadas en la industria petrolera.

2. Sírvase informar cuales son las condiciones de seguridad y restricciones bajo las cuales se debe efectuar el transporte de hidrocarburos, nafta u otro tipo de sustancias peligrosas utilizadas en la industria petrolera, a través de vehículos de carga pesada o "tractomulas".

3. De acuerdo con las responsabilidades del Ministerio de Transporte, sírvase remitir copia del más reciente estudio que sobre seguridad vial se haya llevado a cabo, de manera específica en lo referente a transporte de hidrocarburos incluido nafta y cualquier otra sustancia peligrosa utilizada por la industria petrolera, en particular lo relacionado con las carreteras Villavicencio–Bogotá, Villavicencio–Puerto López–Puerto Gaitán, Yopal–Villavicencio y Villavicencio–Acacías–Castilla La Nueva.

4. Cuáles han sido las actividades que el Ministerio ha realizado, en desarrollo de sus funciones de coordinación, con los entes territoriales de los departamentos de Cundinamarca, Meta, Casanare y Arauca, con el fin de atender lo pertinente a la seguridad en sus vías, en especial lo relacionado con la accidentalidad producida por el transporte de hidrocarburos, nafta y otro tipo de sustancias peligrosas utilizadas en la industria petrolera.

5. Con ocasión del reciente incremento de accidentes en vías de los departamentos citados, cuáles son las acciones que ha emprendido el Ministerio para contener o reducir la accidentalidad ocasionada por los vehículos que transportan hidrocarburos incluido nafta y cualquier otra sustancia peligrosa utilizada en la industria petrolera.

6. ¿Relacione los estudios, diagnósticos o quejas de la comunidad, realizadas o recibidas por

el Ministerio de Transporte, que se encuentren relacionados con el tráfico de vehículos pesados que transportan hidrocarburos, nafta y otro tipo de sustancias peligrosas utilizadas en la industria petrolera en el segmento Villavicencio – Pipiral o antigua vía que conduce a Bogotá?, ¿De esos estudios o diagnósticos, se ha detectado afectación ambiental y social de la zona de influencia del sector Villavicencio – Pipiral? Sírvase remitir copia.

7. Relacione los proyectos y el presupuesto asignado y ejecutado para las obras de recuperación o mantenimiento que se realizan actualmente en el segmento de vía antigua que de Villavicencio comunica con Pipiral. Igualmente sírvase informar ¿Cuál es la empresa o entidad responsable de ejecutar esas labores de mantenimiento en el sector señalado? Relacione también el presupuesto y obras realizados en este tramo de vía desde el año 2000.

8. ¿Relacione proyectos o estudios que concluyan sobre el establecimiento de alternativas para minimizar los efectos sobre las vías por parte de los vehículos que transportan hidrocarburos, nafta y otro tipo de sustancias peligrosas utilizadas en esta industria?

9. ¿Sírvase informar cuales son las condiciones o requerimientos que el Ministerio exige a los transportadores de la industria petrolera, respecto a la existencia de planes de contingencia, su vigencia y aplicación, ante situaciones de riesgo, accidente o desastres ocasionados por derramamiento de sustancias peligrosas como hidrocarburos, nafta o cualquiera otra que esa industria emplea, y cuáles han sido los resultados o efectividad de estos ante las situaciones de accidentalidad vial descritas.

10. Sírvase informar cuáles son las circunstancias y su origen con base en las cuales se determinó y se mantiene la restricción de tránsito de vehículos pesados que transportan sustancias peligrosas para la industria petrolera, como hidrocarburos incluido nafta y otras sustancias peligrosas, por los túneles de Buenavista y Vijagual ubicados en la carretera Villavicencio-Bogotá; y que se requiere llevar a cabo, tanto técnica como normativamente para levantar esas restricciones.

Cuestionario para el Director de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI):

1. Sírvase informar cuales son los criterios que esa entidad contempla en la elaboración de los estudios que desarrolla o levantamiento de información que realiza, que incluye la incidencia o efecto que produce el transporte de hidrocarburos, nafta y otro tipo de sustancias peligrosas utilizadas en la industria petrolera.

2. Sírvase informar si se han efectuado, por corresponderle, evaluaciones de la incidencia o desempeño de este tipo de transporte (hidrocarburos incluido nafta y otro tipo de sustancias peligrosas utilizadas por la industria petrolera) respecto a las condiciones planteadas durante la estructuración del proyecto y cuál ha sido su resultado. Citar de

forma específica las evaluaciones hechas sobre vías que comunican a Bogotá con los departamentos de Meta, Casanare y Arauca.

3. Cuál es, desde el punto de vista técnico, en opinión de la ANI, el modelo de desarrollo de Infraestructura Vial que permitiría minimizar los riesgos de seguridad vial que se generan en las carreteras del país, en especial en aquellas cuyo trazado une zonas productoras de petróleo como la de los llanos orientales.

4. De acuerdo con la respuesta ofrecida a la pregunta anterior, sírvase concluir cuales son las medidas que debieran implementarse para alcanzar las condiciones de un modelo que minimice o tienda a eliminar las dificultades que por accidentalidad se producen debido al transporte de hidrocarburos, nafta y otro tipo de sustancias peligrosas utilizadas en la industria petrolera.

5. En materia de transporte de hidrocarburos, nafta y otras sustancias peligrosas, sírvase informar cuál es el nivel de competitividad que las vías de Colombia tienen o el que pretende desarrollar por intermedio de esa agencia, evaluado desde el punto de vista de seguridad vial.

6. Sírvase informar cuál es la situación de los Planes de Contingencia con que deben contar los concesionarios de las diferentes vías que comunican a Bogotá con los centros de producción o campos petroleros de los llanos, para el manejo de los riesgos o accidentes ocasionados por el transportes hidrocarburos, nafta u otras sustancias peligrosas. Igualmente cuales son las sanciones o medidas adoptadas por la ANI aplicadas en los casos en que no ha sido cumplida la existencia o aplicación de estos.

Cuestionario para el Presidente de Ecopetrol:

1. Sírvase informar cual es la cantidad de hidrocarburos incluido nafta o cualquier otra sustancia peligrosa, transportada bajo responsabilidad de Ecopetrol, de forma directa o a través sus empresas o contratistas, entre las zonas o áreas productoras entre los departamentos de Meta, Casanare, Arauca y Cundinamarca, medido en volumen y cantidad de vehículos, durante los últimos diez (10) años.

2. Sírvase indicar cuáles son las políticas que en materia de seguridad vial, para el transporte por carretera de hidrocarburos, nafta u otra sustancia peligrosa empleada en la industria, ha impartido Ecopetrol a sus transportadores y contratista, y cuál es el resultado de las evaluaciones internas hechas por la empresa sobre el nivel de aplicación o apropiación de estas políticas.

3. Presentar un informe estadístico de la accidentalidad sufrida por los vehículos que transportan hidrocarburos, nafta o cualquier otra sustancia peligrosa bajo responsabilidad de Ecopetrol, en las vías por las que transitan en los departamentos de Cundinamarca, Meta, Casanare y Arauca, durante los últimos diez (10) años.

4. En los casos de los accidentes sucedidos en las vías de los departamentos relacionados en la pregunta anterior, sírvase informar cuáles son las medidas que Ecopetrol ha tomado para evitar o reducir la accidentalidad de los vehículos que transportan este tipo de sustancias.

5. En los casos referidos en las preguntas anteriores sírvase relacionar cuál es la responsabilidad que Ecopetrol ha establecido sobre los contratistas, subcontratista u operadores del transporte y cuáles son las sanciones que ha aplicado.

6. Sírvase relacionar las demandas o denuncias judiciales que contra Ecopetrol han sido interpuestas, con ocasión de accidentes viales en los que han estado involucrados vehículos que transportan estas sustancias y cuál es el monto de sus pretensiones.

7. Sírvase informa cuántas y cuáles son las demandas o denuncias que han condenado a Ecopetrol con ocasión de accidentes en los que han estado involucrados vehículos que transportan o para el transporte.

8. Este tipo de sustancias y a cuánto asciende el valor que ha tenido que pagar o desembolsar Ecopetrol por este concepto durante los últimos diez (10) años.

9. ¿Cuál es el estado actual del proyecto del Oleoducto del Bicentenario? ¿Cuándo entra a operar y con qué capacidad? Relacione el valor total del Oleoducto, el horizonte de tiempo del proyecto desde su formulación y la operación. Señale el área de influencia de este Oleoducto y aproxime la sustitución de utilización de vehículos de carga pesada que se dejarán de emplear por la operación del oleoducto.

10. Teniendo en cuenta que el proyecto del Oleoducto del Bicentenario presenta atrasos considerables, según ha sido conocido, sírvase informar de acuerdo con los cronogramas del proyecto original cuál es el término total de tiempo, el atraso general del proyecto?, ¿Cuál el de sus principales componentes?, ¿Cómo se espera superar o normalizar los atrasos?, ¿Cuál es el costo adicional en que ha debido incurrirse por cuenta de estas fallas, tanto monetarios del proyecto como de oportunidad para la empresa por no contar con esta estructura dentro del tiempo estimado?, ¿Quién o qué ha sido el causante de los atrasos y cuál es la responsabilidad que tienen? y ¿Cuáles son las consecuencias que han tenido quienes han generado o permitido estos atrasos?

11. Teniendo en cuenta la reciente creación de la filial Cenit, sírvase informar ¿Cuál es el avance o cumplimiento de los objetivos determinados por la Junta Directiva de Ecopetrol al autorizar su creación?, ¿Cuál es el nivel de desarrollo que ha alcanzado en la operación de transporte de hidrocarburos, nafta o sustancias peligrosas de la industria petrolera?, y ¿Cuál ha sido su efecto en el desempeño de los indicadores de gestión de transporte, sus costos e incidencia en la seguridad gene-

ral del sistema de transporte? Igualmente sírvase informar si la creación la empresa y su accionar a través de los oleoductos o poliductos ha tenido alguna incidencia en los indicadores de seguridad vial, en especial en lo relacionado con los campos de producción de los Llanos Orientales.

Cuestionario para el Director del Instituto Nacional de Vías, (Invías):

1. En la infraestructura de su competencia, en las vías de los departamentos de Cundinamarca, Meta, Casanare y Arauca, por donde transitan vehículos que transportan hidrocarburos o sustancias de la industria petrolera, sírvase remitir reporte de la accidentalidad sucedida durante los últimos diez (10) años que los hayan involucrado, en caso de no contar con ella remitir alternativa o adicionalmente la información con que la entidad cuente a este respecto.

2. Sírvase informar cuáles son las características técnicas que en materia de demarcación, señalización u otra condición que el Invías tiene en cuenta en el diseño o mantenimiento de las vías a su cargo, que tiene por objeto prevenir accidentes originados por vehículos que transportan hidrocarburos o sustancias usadas en la industria petrolera.

3. Favor expresar cuál es la regulación técnica que existe para la infraestructura vial, que tenga relación o que haya sido definida en función de las condiciones que se requieren para el transporte de hidrocarburos o sustancias semejantes.

4. Sírvase informar cuál es la situación de los Planes de Contingencia de las diferentes vías a cargo de esa entidad que comunican a Bogotá con los centros de producción o campos petroleros de los llanos, para el manejo de los riesgos o accidentes ocasionados por el transportes hidrocarburos, nafta u otras sustancias peligrosas. Igualmente, cuáles son las medidas adoptadas por el Invías aplicadas en los casos en que se ha establecido su inexistencia o falta de aplicación.

Cuestionario para el Director de Tránsito y Transporte de la Policía Nacional:

1. Sírvase remitir el registro estadístico efectuado con ocasión de la accidentalidad vial sucedida en las carreteras de los departamentos de Cundinamarca, Meta, Casanare y Arauca durante los últimos diez (10) años.

2. Sírvase remitir el registro estadístico de los accidentes sucedidos durante los últimos diez (10) años en las carreteras de los departamentos citados en la pregunta anterior que han involucrado vehículos que transportan hidrocarburos o sustancias semejantes usadas por la industria petrolera.

3. Sírvase informar cuáles son los lineamientos normativos o medidas de diferente carácter que deberían implementarse o desarrollarse con el fin de minimizar el riesgo de accidentes viales causados por o en que hayan estado involucrados vehículos que transportan hidrocarburos, nafta u otras sustancias usadas en la industria petrolera.

4. Sírvase informar cuáles son las conclusiones a las que han llegado las investigaciones técnicas más recientes que se hubieren desarrollado respecto a los accidentes sucedidos en la vía Villavicencio – Bogotá y demás carreteras de los departamentos del Meta, Casanare y Arauca, que hayan involucrado vehículos que transportan este tipo de sustancias.

5. Relacione la serie estadística de personas fallecidas y heridas en accidentes de tránsito en la vía Bogotá – Villavicencio, desde el año 2000 a la fecha actual; desagregando por tipos de vehículos involucrados y zona de ocurrencia.

Citante: honorable Senadora Maritza Martínez Aristizábal.

V

Discusión y votación en primer debate de los Proyectos de ley números...

1. Proyecto de ley número 189 de 2012 Senado, 139 de 2011 Cámara, por la cual se crea el sistema nacional de Identificación, Información y Trazabilidad Animal.

Autor: Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural doctor *Juan Camilo Restrepo*.

Ponente: honorable Senador, *Juan Córdoba Suárez*.

Publicación de la ponencia: *Gaceta del Congreso* número 197 de 2013.

2. Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado, 036 de 2012 Cámara, por medio del cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso del mercurio, en los procesos productivos y se fijan incentivos para su erradicación gradual y se dictan otras disposiciones.

Autores: honorables Representantes *Augusto Posada Sánchez* y *Simón Gaviria Muñoz*.

Ponentes: honorable Senadora *Maritza Martínez Aristizábal*.

Publicación de la ponencia: *Gaceta del Congreso* número 937 de 2012.

3. Proyecto de ley número 96 de 2012 Senado, por la cual se modifican las disposiciones relacionadas con el precio de la gasolina motor el ACPM, el GLP y el turbo combustible de aviación Jet A1 y se dictan otras disposiciones.

Autores: honorables Senadores *Alexandra Moreno Piraquive* y otros.

Ponente: honorable Senador *Jaime Durán Barrera*.

Publicación de la ponencia: *Gaceta del Congreso* número 303 de 2013, y

4. Proyecto de ley número 164 de 2012 Senado, por la cual se expiden disposiciones generales sobre inversión extranjera en el sector agropecuario y se dictan otras disposiciones.

Autor: Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, *Juan Camilo Restrepo Salazar*.

Ponente: honorable Senador *Luis Emilio Sierra Grajales*.

Publicación de la ponencia: *Gaceta del Congreso* número 300 de 2013.

VI

Lo que propongan los honorables Senadores

– Con la venia de la Presidenta, interviene el Senador Luis Emilio Sierra Grajales:

Proponiendo la alteración del orden del día con el fin de tener la posibilidad de discutir en primer término los proyectos de ley, tal como se había acordado en el desayuno de trabajo que tuvieron al inicio de la mañana. Agrega el Senador Sierra: Acordamos que en primera instancia colocaríamos el tema de la trazabilidad cuya ponencia tiene el Senador Córdoba, posteriormente miraríamos el tema de extranjerización; y entiendo que hay otros Senadores que quieren proponer también el estudio de proyectos como el del mercurio y el del ACPM, dejando para después el tema del debate.

– Manifiesta seguidamente la Senadora Daira de Jesús Galvis Méndez:

Mi intervención es con el fin de hacer una proposición concreta sobre las citaciones a los Ministros de Relaciones Exteriores, el de la cartera laboral, el de la cartera de minas y energía y otra serie de funcionarios, sobre la forma cómo se contrata y cómo llegan los chinos a Montelíbano, a trabajar en programas de infraestructura eléctrica; y cómo llegan y de qué manera, y cómo está la reglamentación para su ingreso al país, en la Refinería de Cartagena.

Yo tengo noticia y tengo una certificación pedida por algunos abogados, donde gran parte, aproximadamente doce, de los chinos que trabajan o que trabajaban en las minas de Cerro Matoso, en la infraestructura eléctrica, vienen con papeles falsos y el mismo Ministerio lo ha certificado; entonces sobre ese tema yo quisiera profundizar, cómo es el esquema de contratación y establecer quiénes son los responsables de estos mecanismos, si los buses en que vienen están reglamentados, porque entre otras cosas traer 400 hombres en buses es casi que una flota, entonces yo estoy interesada en saber en qué condiciones se trata y se contrata y se trae ese personal de obreros extranjeros a la mina de Cerro Matoso para infraestructura eléctrica, concretamente contratados por Geselca y también la manera como se contrata en la refinería de Mamonal.

– En el mismo sentido que lo ha hecho el Senador Sierra al inicio de la sesión, la Senadora Maritza Martínez Aristizábal, precisa:

Totalmente de acuerdo con la proposición que ha presentado el Senador Sierra, en el sentido de adelantar la votación de cuatro proyectos muy importantes y en seguida hacer el debate, siempre cuando, presidenta, le quiero pedir encarecidamente porque ya están los funcionarios, ya están los asistentes que van a intervenir, que no se vaya a dilatar mucho la votación, de tal manera que nos

deje sin espacio para el debate. Este es un tema super importante para todas las regiones productoras y realmente hemos estado muy expectantes con el adelantamiento de esta posibilidad. Acá nos acompañan los concejales de Villavicencio, el Alcalde de Villavicencio, gremios, delegados de los principales sitios afectados con esta situación, y no quisiera una frustración para toda esta gente que se desplazó.

– Solicita el uso de la palabra el Senador Jorge Robledo Castillo y señala:

Yo voy a expresar mi desacuerdo con la idea de cambiar el orden del día, porque es que tras la idea de cambiar el orden del día, lo que hay, Senadora Maritza, es el propósito de ferrocarrilear el proyecto de los baldíos, y eso me parece de una gravedad inaudita Senadora Nora García. Ya lo acabamos de conversar con el Ministro de Agricultura y ese es un proyecto de una gravedad descomunal; yo diría que es de los peores proyectos que se hayan presentado, nunca en esta país, y en ese sentido yo lo menos que le pido a esta Comisión es que las cosas se discutan sin afanes; pero no puede ser que aquí nos digan que cambiemos el orden del día para que votemos cuatro proyectos incluido ese y que después hay un debate, no.

Yo puedo entender que los amigos del Presidente Santos aquí tengan la mayoría en esta Comisión; pero yo creo que lo menos que tiene que haber es la posibilidad de hacer un debate democrático sobre las cosas. Ese proyecto al que me estoy refiriendo, es un proyecto que lo voy a decir con todas las palabras, en uno de sus artículos santifica el robo de millones de hectáreas en Colombia de acuerdo con las denuncias de la Superintendencia de Notariado y Registro, no se puede despachar a las volandas. Yo intenté ser ponente de ese proyecto y no pude, hay un solo ponente de ese proyecto que me parece un error gravísimo, porque finalmente se supone que hay varios ponentes es para que los distintos sectores puedan opinar.

Entonces tenemos un proyecto, Ministro del Partido Conservador, Presidenta de la Comisión del Partido Conservador y el único ponente del Partido Conservador; en un proyecto que incluye la posible legalización del robo de millones de hectáreas y que incluye cambiar las normas fundamentales que privilegian la defensa de la propiedad campesina en el caso de los baldíos y en los proyectos de reforma agraria, esto en beneficio de los extranjeros; o sea, estamos hablando de una cosa de proporciones mayúsculas de la que nos presentaron ponencia hace 8 o 10 días y se va a votar hoy. Yo no he visto en 10 años en esta Comisión, nunca, que un proyecto de ley se le presente Ponencia y 10 o 15 días después se ponga en votación; un proyecto yo quiero enfatizar, de esta gravedad de la que estamos hablando.

Yo puedo entender que el Gobierno tenga la posición que quiera tener y los partidos afectos al Gobierno puedan tener la posición que quieran tener; pero hay temas que se deben discutir sin afa-

nes, permitiendo que se tramiten cosas. Hay por lo menos cinco solicitudes de audiencias públicas de organizaciones agrarias, pidiéndole a la Presidencia de la Comisión que por favor se citen a audiencias para oír a la sociedad civil qué opina sobre ese proyecto, ¿y se va a votar sin que haya esas audiencias?

Este proyecto es más grave que el de la reforma a la salud, quiero enfatizar, sobre un proyecto calculado, repito, para legalizar el robo de millones de hectáreas y despojar al campesinado colombiano en beneficio de los extranjeros; es que estas son cosas muy complicadas y esto se va a votar a pupitrazo, ferrocarrileado aquí en el afán de que es que va a empezar un debate que por lo demás es importantísimo, se debería hacer. Entonces yo pido que no se cambie el orden del día, que adelantemos el debate y que se tramite ese proyecto sin ningún afán.

Yo pregunto ¿cuál es el afán, entonces qué, se vota hoy aquí a pupitrazo y dentro de 15 días nos lo votan a pupitrazo también en la Plenaria sin que haya ninguna posibilidad de discutir esto? y cuál es el afán además, o es que también qué, se van a inventar no sé qué, una sola votación en Cámara y Senado para que pueda estar aprobado antes del 20 de julio, porque no es posible que esto sea ley antes del 20 de julio bajo ninguna consideración. Cuál es el problema de que esto se tramite sin afanes, bueno, y si al final ustedes lo quieren aprobar lo aprueban, pero permitiendo que haya un debate tranquilo, un debate ilustrado, que los medios de comunicación puedan opinar, que las organizaciones agrarias puedan opinar y que todo el mundo pueda opinar; y si al final se decide hacer eso pues que se haga, pero lo que se está proponiendo a mi juicio es absolutamente inaceptable.

Estuvimos en reunión ahora en un desayuno con el Ministro de Agricultura, yo no compartí la propuesta del Gobierno en el sentido de retirar alguna cosa, no sé si al final la van a retirar o no, pero le queda una tela gruesísima qué cortar. Aquí el país tiene que definir, aquí van a liquidar la propiedad campesina, o sea, ¿la política es convertir a los campesinos colombianos en siervos de las transnacionales?; no, aquí hay unos que defendemos la idea de los campesinos como gente libre, libre incluso de arruinarse, de la misma manera que son libres de arruinarse los empresarios, porque entonces qué; entonces yo lo que quiero insistir es que no se debe cambiar el orden del día y vamos al debate, pero vamos al debate sin afanes.

Mi propuesta es que no se modifique el orden del día, que se haga el debate de la Senadora Maritza Martínez, y bueno, mañana cuando quieran empezamos a discutir el otro proyecto y vemos qué se va hacer; pero repito, me parece muy grave que un proyecto de estas implicaciones que acabo de bosquejar, se quiera ferrocarrilear en la Comisión Quinta del Senado; no ha sido el estilo de esta

Comisión, tengo que reconocerlo en diez años, y creo que sería una mala cosa que empezáramos con ese tipo de situaciones en este momento.

– **Para precisar algunos de los puntos señalados por el Senador Jorge Robledo, en su intervención, la Presidenta de la Comisión, Senadora Nora García, anota:**

Yo le quiero agregar algo, esta es una Comisión que ha trabajado, trabaja y seguirá trabajando con toda la responsabilidad, somos unos Senadores que nos hemos destacado por ser serios, responsables y libres a la hora de tomar decisiones.

El Senador Luis Emilio Sierra pidió el cambio, en el sentido que primero votáramos y después hicieramos el debate, casualmente para blindar a que el quórum no se nos vaya a dañar; pero sí así como somos de responsables, nos quedamos aquí bien juiciosos a hacer un debate y aprobar unos proyectos no hay ningún inconveniente, vamos a votar y libremente cada uno de ustedes dirá si quiere el cambio del orden del día o si no lo quiere.

Además, yo les quiero decir a todos los presentes y a los colombianos, que los temas que hoy tenemos en los proyectos han sido temas que han venido siendo debatidos por todos nosotros, que acabamos de llegar de una reunión de cuatro horas en donde se han debatido y se han comentado los temas agrícolas; entonces aquí no hay ninguna carrera, aquí no hay ningún afán de pupitrear, aquí aprobamos los proyectos después de haber conocido muy bien en qué consisten y después cada uno de nosotros toma cuál es la mejor decisión para el País. Así que estén tranquilos que aquí todo se hace con orden y responsabilidad, tiene la palabra el Senador Luis Emilio Sierra y enseguida el Senador José David Name.

– **Con la venia de la Presidencia, manifiesta el Senador Luis Emilio Sierra Grajales:**

Muy brevemente para soportar la petición de alteración del orden del día. En efecto esta mañana usted bien lo dijo, trabajamos varias horas proyectos que aquí íbamos a analizar posteriormente como lo estamos haciendo en este instante. En el tema de inversión extranjera en el sector agropecuario, acordamos esta mañana eliminar aquellos artículos que tienen que ver con baldíos e interpretación de una sentencia de la Corte Constitucional; de modo que ese tema que preocupa tanto al doctor Robledo es un tema que ya ha sido eliminado, así lo haré ahorita posteriormente en mi intervención de fondo cuando sea el momento oportuno. De modo que esas prevenciones han quedado por lo menos de parte mía absueltas, no vamos a insistir en ese tema, vamos a trabajar exclusivamente en el tema de inversión extranjera en el sector agropecuario.

– **Seguidamente, expresa el Senador José David Name Cardozo:**

Yo le solicitaría por respeto con la señora Ministra que se encuentra aquí y que seguramente debe estar bien ocupada, porque sí hay que hacerle

digamos un homenaje a ella que cada vez que la hemos citado a la Comisión ella ha venido y por respeto a las personas que hemos invitado hoy a la Comisión, que hagamos primero el debate y los que estamos aquí nos comprometemos a debatir el proyecto y a votarlo positivo o votarlo negativo pero hagamos primero el debate. Este proyecto no va a salir enseguida señora Presidenta, tiene varios puntos que hay que analizarlos y debatirlos.

– A su vez, el Senador Jaime Enrique Durán Barrera, manifiesta que está de acuerdo con la modificación del orden del día. Así mismo, solicita a la Presidencia que el proyecto sobre el tema de la gasolina, por solicitud del Ministro de Minas que quiere estar presente, se trate en la sesión del próximo martes.

– La Presidencia acoge la propuesta del Senador Durán Barrera, en el sentido de aplazar el estudio del proyecto sobre la gasolina, tal como lo ha solicitado. Así mismo, reforzando lo expresado anteriormente, la Senadora Nora García Presidenta de la Comisión, añade: En el primer punto, vuelvo y les repito, hubo una insinuación del Senador Luis Emilio Sierra de cambio de orden del día, el cual se aprobará sí o no de acuerdo a lo que cada uno de ustedes quiera, aquí no hay imposición de la Mesa Directiva.

– **A su turno en las intervenciones, el Senador Juan Córdoba Suárez, señala:**

En la mañana de hoy debatimos un poco sobre el proyecto de identificación, información y trazabilidad animal; el proyecto lo iniciamos ayer, hicimos alguna exposición, yo creo que eso está avanzado, realmente lo que se requiere es muy poco para que podamos aprobarlo; entonces yo considero que deberíamos aceptar este cambio de agenda para avanzar en estos temas porque se van quedando; sobre todo porque el término para que los proyectos queden definidos es realmente muy breve, muy corto y particularmente para este, que si no se aprueba en esta legislatura quedaría sin la oportunidad de convertirse en una disposición.

– **La Senadora Daira de Jesús Galvis, interviene para anotar:**

Presidenta, acabemos con la discusión, démosle curso al debate, ya eso venía programado, y comprometernos los que estamos aquí presentes para la discusión de los dos proyectos, ayer lo cumplimos, hoy aspiramos a cumplirlo igual.

– **Habiéndose escuchado todas las posiciones acerca de la modificación del orden del día, la señora Presidenta, anota:**

Nosotros teníamos cuatro horas de estar debatiendo, habíamos acordado en que cambiábamos el orden del día para aprobar los proyectos, ya no serían cuatro sino tres, unos proyectos que ya vienen debatidos, hablados, acordados todo, votábamos los tres proyectos y hacíamos el debate; todo por una sencilla razón, en cuanto el debate se acabe aquí no queda nadie, no tenemos quórum y no se hace lo otro. Entonces hay dos posibilidades, o ha-

emos el orden del día como está, es decir, primero el debate y después nos quedamos a aprobar los tres proyectos, o aprobamos primero los tres proyectos y después hacemos el debate.

– En uso de la palabra, la Senadora Maritza Martínez Aristizábal precisa que el tema debe definirse, de acuerdo a lo que señale el reglamento del Congreso, el cual señala que siempre los debates de control político van primero; por lo tanto si lo alteramos, yo creo que podríamos viciar de alguna manera, eso es lo que dice el reglamento - terminó diciendo.

– **Acto seguido solicita el uso de la palabra el doctor Andrés Felipe García Azuero, Vice-ministro de Agricultura y una vez concedida, señala:**

Yo quisiera aprovechar este espacio simplemente para pedirles que consideremos el proyecto de trazabilidad que es un proyecto de la mayor importancia; el proyecto ayer tuvo una discusión entre ustedes, esta mañana en el desayuno con el señor Ministro también estuvimos debatiendo sobre el tema, es un proyecto muy importante para la sanidad agropecuaria, para la sanidad pecuaria en especial, de este País, y es muy importante que pueda ser considerado a brevedad. Y naturalmente el de inversión extranjera, que llegamos esta mañana a unos acuerdos y un punto del tema más álgido, se retiraría los artículos pertinentes.

– Finalizadas las diversas posiciones en torno a la modificación o no del orden del día, y estando constituido el quórum para decidir, la Presidenta somete a consideración y votación de los miembros de la Comisión la propuesta hecha por el Senador Luis Emilio Sierra y aclara que votando **Sí**, estarían acogiendo la alteración del orden del día y votando **No**, se negaría; en cuyo caso, se daría trámite primero al debate convocado por la Senadora Maritza Martínez y luego se procedería al estudio de los proyectos, para lo cual pide a los honorables Senadores no retirarse del recinto hasta tanto no haya concluido la sesión. Para el efecto de la votación nominal, pide a la doctora Delcy Hoyos, Secretaria de la Comisión, hacer el respectivo llamado a lista.

| | |
|--------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Durán Barrera Jaime Enrique | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | No |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizábal Maritza | No |
| Name Cardozo José David | No |
| Robledo Castillo Jorge Enrique | No |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | No |

La Secretaría informa que se ha registrado un empate al presentarse cinco (5) votos por el **Sí** y cinco (5) votos por el **No**.

La Presidencia sugiere que se deje el orden del día tal y como está, por cuanto se ha presentado

un empate a la hora de la votación, y procede a ponerlo en consideración y votación, tal y como se encuentra propuesto, sin modificaciones; la Secretaría anuncia que ha sido aprobado. Seguidamente se someten a consideración y votación las actas contenidas en el punto del tercero del orden del día, las cuales son aprobadas sin ninguna objeción.

Para dar inicio al debate, la Presidencia le otorga el uso de la palabra a la Senadora Maritza Martínez Aristizábal, quien comienza su disertación, diciendo:

La idea es realmente poner de presente ante el País, una problemática muy grave que actualmente existe y sobre la cual tal vez la Ministra no ha sido debidamente informada; y lo digo porque he revisado las respuestas que he recibido de las distintas autoridades, y le queda a uno el sabor de un poco de desconocimiento o indiferencia por parte de la Policía Nacional y la ANI y otras autoridades Ministra, que a usted tal vez no le han comentado la dimensión del problema.

Tan grande, tan grave es, que ya han sido cuatro protestas que han adelantado las comunidades de una zona de Villavicencio, y esa es una parte del problema, pero esto se replica en todos los municipios de las zonas productoras y realmente vemos una actitud del Gobierno Nacional, como si esto debiera ser solucionado por las autoridades locales y no los tocara, no comprometiera la responsabilidad nacional.

Pero acá lo que les vamos a decir es que la locomotora minero energética hace parte de ese gran plan nacional de desarrollo, permite la financiación de buena parte de las obras y programas que se están desarrollando por parte del Gobierno del Presidente Santo y en ese sentido cualquier consecuencia que genere tiene que ser asumida igualmente con responsabilidad por parte de la Nación; y eso es lo que queremos hoy, que no estén solo los alcaldes que no estén solos los comuneros, los presidentes de junta que tenemos acá de estos sectores, sino que empecemos a conformar unas mesas de trabajo de las que salgan soluciones con unas sugerencias que acá se harán más adelante. Entonces yo sugiero Presidenta una intervención mía rápida, para que después de escuchar al Gobierno podamos escuchar a las comunidades, afectadas por lo menos unas cuatro intervenciones, ellos saben, de no más de cinco minutos, pero sí es importante que ellos puedan tener esta oportunidad.

Vamos a mostrar la dimensión del problema, vamos a mostrarles unas cifras que construimos nosotros porque realmente no existen, no existe una estadística, pero cruzando información solicitada creemos Ministra que usted va a entender lo trascendente de este tema. Vamos a mostrar también, cómo la infraestructura de transporte de hidrocarburos y derivados no es suficiente; qué oleoductos existen, cuáles se van a construir, y siempre seguiremos en déficit por eso en las vías durante los próximos años seguirá existiendo este transporte, este tránsito de combustibles por la malla

vial, unas acciones inmediatas que vamos a sugerir para unas zonas puntuales y unas soluciones definitivas.

El primer punto es la accidentalidad y deterioro de la malla vial. Esta gráfica Ministra, muestra el evidente, el desbordado, el impactante incremento del tráfico promedio diario no más por la vía Bogotá-Villavicencio; y lo destaco porque voy a contrastarlo con una respuesta que le elaboraron a usted cuatro funcionarios, ahorita los mencionamos, que no guarda ninguna relación con la realidad de lo que está ocurriendo. Esta gráfica nos muestra que en el año 2010 el total de tráfico del TPD tráfico promedio diario), fue de 7.902 vehículos de todas las categorías en este año por la vía Bogotá-Villavicencio; y en gris vemos cuántos de estos vehículos contenían carga pesada, la mayoría de la industria petrolera, 1.167.

Ya en el 2011 eran 1.514 los vehículos con carga pesada, pero en el 2012 encontramos que esta cifra se duplica y se supera un poco más que duplicarse, porque llega a 3.442 vehículos. Eso de dónde sale, hasta junio 1° del 2012, nos confirmaron el tránsito de 1.721 vehículos pesados; como eso era apenas una parte del primer semestre, la proyección nos lleva a 3.442 pero ese es un cálculo conservador, la concesionaria nos ha reiterado que el colapso es evidente y que ellos realmente poco pueden hacer con ese incremento.

Entonces yo llamo la atención sobre esto Ministra, vea el crecimiento de los vehículos pesados con carga también de petróleo y lo voy a contrastar con su respuesta y sé que esto se lo elaboraron y usted la envía de buena fe; se la elaboró el Viceministro Nicolás Estupiñán, la doctora Ayda Lucy que es la Directora de Transporte y Tránsito, la doctora Lina, ella y el Viceministro, varios funcionarios. Vea lo que dicen ellos Ministra de por qué se presentan estos accidentes; identifican dos problemas, el primer, es que la causa de mayor accidentalidad es el hecho de que la oferta de esta carga ha disminuido en un 50% en los últimos dos años.

De dónde van a decir que ahora transitan menos petróleo por la vía Bogotá-Villavicencio, cuando el incremento es evidente, lo dicen hasta las respuestas de Ecopetrol, todos, como no han entrado en operación nuevos oleoductos, el último fue el ODL en el 2010 que ahora lo vamos a ver; entonces la ponen Ministra a usted a firmar esto, y dizque la carga ha disminuido en un 50% en los últimos dos años; yo diría Ministra que es al contrario, que se ha incrementado en los últimos dos años casi en un ciento por ciento como lo vimos allí. Y dice acá que es por la entrada de los nuevos oleoductos, no han entrado nuevos oleoductos, también los vamos a ver acá.

¿Qué es lo que se ha avanzado en esa materia y cómo sigue rezagada la construcción de estos ductos? Esa es la guerra del centavo dicen acá más o menos que por eso es que se ha incrementado la accidentalidad, menos carga menos petróleo y los

vehículos disputándose, es totalmente errada esa información; y que la segunda causa de esta accidentalidad es la generación de grupos de presión a nivel regional que demandan que el trabajo que se genere beneficie a las personas de la región; o sea Ministra, que consideran los funcionarios del Ministerio de Transporte, que al solicitar lo que en justicia debe ser y es que las empresas regionales se beneficien con este boom petrolero, entonces que son ellas las culpables; eso es una ligereza y estoy totalmente segura que si revisamos quiénes sufrieron estos accidentes, son empresas de afuera porque realmente las regionales muy poca oportunidad se les da en la industria.

Esta es la realidad, en el 2012 el Tráfico Promedio Día (TPD), fue de 3.442 por esta vía, el mensual fue de 103.260 vehículos y en el año 2012 transitaron cerca de 1.256.000 tracto camiones o vehículos pesados en general por la vía Bogotá-Villavicencio.

Pero vea Ministra que esta situación no es solamente en el llano, es en todos los lugares donde se da la producción petrolera. Este es el periódico La Nación, del Huila, y llama la atención es que es exactamente la misma situación que venimos denunciando. Dice: Transporte pesado responsable de más accidentes. Y allí llaman la atención cómo por una vía por el peaje del Patá en la carretera nacional que lleva de Neiva hacia el centro del País, mensualmente están transitando 36.700 automotores pesados, y entonces se ha incrementado y se ha desbordado el número de accidentes.

Yo le traigo acá una tabla con cada uno de los accidentes del punto donde ocurrió, la hora en que ocurrió, para hablar de Villavicencio, que es realmente el único lugar donde encontramos la información para poder construir esto; son 57 accidentes donde han estado involucrados tractocamiones de la industria, en el perímetro urbano en las vías de Villavicencio, al interior del municipio; pero esa situación dramática que vive Villavicencio, la padecen prácticamente todos los municipios por donde circula el petróleo, porque no hay variantes en las vías; entonces por Cumaral, por Acacías, por Puerto López, por Puerto Gaitán, se atraviesan los municipios las inspecciones y en general los centros poblados, y en Villavicencio en el 2012 esta situación causó 57 accidentes. En el 2013 hasta mayo 24 de este año, iban ya 46 accidentes, total del año pasado, 57, cuatro meses y veintipico de días ya van 46 en Villavicencio Ministra; ahí está cada punto en los que estuvieron involucrados tractocamiones, o sea que prácticamente vamos a llegar a 100 episodios si se sigue la proyección.

Esta es simplemente una gráfica de la tabla que acabamos de ver, entonces si contrastamos esa información que nos dio el municipio de Villavicencio con la información que nos envió la Dirección de Tránsito y Transporte de la Policía Nacional, en total en Villavicencio el año pasado hubo 461 accidentes, de los cuales 57 fueron ocasionados por tractocamiones, o sea el 12%; ya en el 2013

van 81 accidentes en total, de los cuales 46 están involucrados tracto camiones, quiere decir que el porcentaje se ha incrementa a un 56%. Yo sé que son proyecciones no tan católicas, pero ante la carencia de este tipo de análisis que uno esperaría que tuvieran las autoridades, hemos debido construirlo nosotros.

Yo pido a continuación que nos permitan ver un video de lo que ha ocurrido en los últimos meses, ni siquiera en los últimos años, en los últimos meses, allí donde se atraviesan 42 barrios, no más en Villavicencio, 6 centros poblados y sin contar lo que ha pasado en otros lugares. Acá vamos a ver un trabajo muy juicioso que hizo mi UTL (Unidad de Trabajo Legislativo), en compañía de los habitantes de la Comuna Uno y del Corregimiento Dos, además de un material que enviaron desde Arauca, Casanare y otros lugares.

Mientras se hace la presentación del video, anota la Senadora Maritza Martínez:

Esta avenida del llano es en Villavicencio, es pleno centro. Ministra, es que estas no son vías diseñadas ni con especificaciones para este tipo de vehículos, y el problema es que hoy están saturadas básicamente es con estos vehículos, cada una de estas escenas de esta presentación de este video, ninguna se repite, cada una es diferente y como les digo, es material que llegó de Casanare, Arauca, Meta; no lo discriminamos porque es que la situación es exactamente la misma la que ese está viviendo en estas zonas.

Continuando con su exposición y finalizada la emisión del video mencionado, dice la Senadora Martínez: Ayer veíamos en el debate del Senador Félix Valera, la actitud displicente de la ANLA frente a la problemática de una población que es atravesada por el tren de Fenoco y que cada media hora les altera su vida completamente, paraliza las actividades, y las autoridades nacionales un poco indiferentes a eso. Qué ha generado esto, y siempre llamo la atención, porque es que es supremamente delicado y lo dijimos desde que se iba adelantar la reforma al sistema de regalías; no se le puede dejar solo el problema a la región productora y despojarla de recursos, eso no tiene sentido, porque se empieza a generar una actitud hostil hacia la actividad petrolera y hoy esa actitud hostil es una realidad.

Acá el afán de este debate también tengo que decirlo, es que esas comunidades que han protestado en cuatro oportunidades, ya anunciaron a nivel regional una parálisis el 11 de junio tal vez, total del tránsito de estos vehículos, y les pedí que acudiéramos a las instancias que son estas, que están hoy sentadas en esta Comisión para que no afectemos ni a la comunidad ni a los usuarios normales de la vía, pero tampoco le generemos al Gobierno Nacional dificultades sino que encontremos entre todos una solución.

Hay una asignación de responsabilidades y eso es lo que tenemos que ver, el Ministerio de Transporte por supuesto, según el decreto 87 de 2011 fija

y adopta políticas, planes y programas en materia de seguridad de los diferentes modos de transporte; la ANI, la ANI que nos manda unas respuestas como si esto no fuera con ellos, lástima que no vino el doctor Andrade, mucho pesar me da porque generalmente me gusta confrontar directamente a los funcionarios, pero esto pareciera que no fueran vías a cargo de la ANI sino unas respuestas, ahora les leo una parte, bastante indiferente a la problemática; pero el decreto 4165 de 2011 dice que la ANI tiene a cargo el mantenimiento, operación, administración y explotación de la infraestructura pública de las vías nacionales, y eso incluye que se adelante en condiciones de seguridad adecuadas para los usuarios.

El Invías también administra una parte de estas vías, el Ministerio de Medio Ambiente tampoco puede ser indiferente a esta situación, porque según la Ley 99 de 1993 que lo creó, esta entidad tiene como principio orientador la prevención de desastres; de hecho tiene una reglamentación para el transporte de sustancias peligrosas, bueno, pues estas son peligrosísimas, estas son inflamables, y la nafta es la principal generadora de estos accidentes, de las muertes, de las lesiones, de la contaminación ambiental; creemos que tampoco se puede desligar el Ministro de Ambiente de la responsabilidad que le cabe en esta materia. Así seguimos con la ANH, la ANH es la que suscribe los contratos, la que administra el petróleo de la Nación, en esos contratos también debe consignar las obligaciones que en materia de transporte tienen las productoras; igual Ecopetrol, Pacific, ninguna puede ser indiferente a las competencias en materia de transporte seguro de estos hidrocarburos y derivados.

Cenit que es filial de Ecopetrol, se supone que es la empresa que ahora va a administrar y se va a dedicar al transporte y la logística de los hidrocarburos de Ecopetrol, comenzó a operar el 1 de abril, creo que acá está el doctor Marulanda que la tiene a cargo, y acá sí queremos oír cómo es la responsabilidad; entonces ahora los problemas que se vienen presentando con los ductos, quién va a responder por estos temas, Cenit o Ecopetrol, sería bien interesante conocer este aspecto.

Los concesionarios también tienen su parte de responsabilidad, es que junto con la ANI están administrando las vías y deben garantizarle a los usuarios, unas condiciones óptimas en materia de seguridad, y la Policía de Carreteras que tiene la función más importante, y es la de prevención.

De las respuestas que recibimos Ministra, la única que nos muestra acciones precisas, encaminadas hacia lo que nosotros estamos buscando, es la respuesta del Ministerio de Transporte, que nos informa que ya se instaló la mesa técnica de trabajo con las empresas productoras de petróleo y se están revisando los planes de los modelos de operación; hay que ser muy estricto y hay que seguir generando estos espacios para que no solo salgan los protocolos, sino que tengamos una autoridad

que se hace cargo de ellos y no simplemente Ecopetrol mismo, autorregulándose y controlándose, yo creo que acá tiene que meter mano la Nación.

Que se están efectuando operativos coordinados con la Policía y que se han fijado unas medidas de restricción de tráfico pesado que creo yo que son bastante oportunas; pero Ministra, en este sentido qué ha hecho la ANI, yo sí quisiera que usted le transmitiera al doctor Andrade que él es la máxima autoridad en esta materia de administración, que se apersona, que él no puede simplemente entregársela a una concesionaria y desentenderse de lo que ocurre allí. La misma observación para la ANH, no puede ser indiferente al cumplimiento o no, del tema de seguridad por parte de las empresas que están produciendo el petróleo acá en el País.

Pasemos al segundo bloque temático y es, cuál es la infraestructura de transporte de estos hidrocarburos y de sus derivados, porque acá todo el mundo hace cuentas alegres de que ya viene el Bicentenario, ya viene el oleoducto del Bicentenario y con eso ya no se necesita adecuar vías, porque va a tener la capacidad de absorber todo el petróleo que se está produciendo y eso no es así, por eso llamamos la atención sobre ese aspecto.

Ministra, para que usted se entere y los funcionarios que leí hace un rato. Cuáles son los oleoductos, estos son oleoductos antiguos, acá no hay ninguna novedad, y digo yo, ya existiendo estos menos el último, está generado la problemática de todos los miles de barriles que se transportan por las vías nacionales; el oleoducto Caño Limón Coveñas el del Alto Magdalena, Orensa, el Colombia, el de los Llanos, el ODL, el Trasandino y el Bicentenario; esos son los oleoductos que existen en el País.

El de Caño Limón Coveñas transporta los crudos desde Arauca, el del Alto Magdalena transporta los crudos que se obtienen en el Valle superior del Magdalena, Orensa transporta los crudos del Piedemonte llanero de Cusiana y Cupiagua hasta Coveñas, el oleoducto Colombia, conecta la estación de Vasconia con el Puerto de Coveñas, el oleoducto Central de los Llanos permite llevar 260 mil barriles desde los Campos de Castilla, Apiay y Araguaney hasta Monterrey y Casanare.

El ODL comenzó su operación en el 2009 y se anunciaba en el 2008, ya viene el ODL y van a desaparecer las tracto mulas y los tracto camiones de la vía desde Puerto Gaitán hasta Bogotá, se va a disminuir sustancialmente; le quiero decir Ministra, en tres meses perdió la capacidad y ya se incrementó el número de vehículos, bajó en 200 tracto camiones en el año 2009 es cierto, pero a los tres meses se desbordó la producción y quedó totalmente obsoleto por el diámetro este oleoducto; en el 2010 se le construyó una derivación de 25 kilómetros que lleva petróleo desde El Viento hasta la estación de Cusiana.

El Trasandino, este como para no dejar de mencionarlo, pero este es desde Ecuador hasta Tumaco

y el Bicentenario; hoy seguramente vamos a oír acá del Bicentenario y de ahí no se van a mover porque el año pasado en el debate que hicimos sobre el colapso de la vía Bogotá-Villavicencio Ministra, usted llevaba una semana y nos dio una solución inmediata a este problema ahí en esa fecha, en agosto el doctor Javier Gutiérrez, que se excusó y que es la primera vez realmente que no asiste, ha sido siempre muy cumplido, nos anunció que en el primer trimestre de este año se acababan todos los problemas porque el Bicentenario entraba a funcionar.

Pues lo que les puedo decir es que ahora le leí las últimas declaraciones al doctor Marulanda, y ya no es en el primer trimestre porque ya pasó, ya vamos en agosto; a mí me llama la atención bastante y este es un tema solamente para Ecopetrol, cómo en Ecopetrol pasan tantas cosas y allá nunca nadie responde; en Ecopetrol pueden perderse recursos importantísimos por falta de planeación, porque no funcionan los objetos de los contratos, bueno muchas cosas pasan en Ecopetrol, y yo la verdad nunca he visto que nadie responda allá, están como anclados, pero bueno, era una anotación al margen.

Esta es la gran esperanza que tiene el País, el Oleoducto El Bicentenario, el que va a acabar con todos los problemas, sin embargo yo hoy anuncio que eso no va a ser así, y en todos los casos no nos hemos equivocado cuando decimos que inicialmente baja la presión, logra absorber parte de la producción, y después de acuerdo al ritmo de producción, vuelve nuevamente a colapsar y a ocuparse las vías por parte de la locomotora minero-energética. Y esto nos lo reconoció también en una negociación que teníamos muy fuerte con los transportadores de la región, tratando de que de alguna manera recibieran trabajo y no solo el impacto negativo, y allí reconoció el Presidente de Ecopetrol que era muy posible que siguieran transitando por nuestras vías muchísimos barriles diarios de petróleo; es más, ahora más adelante vemos la proyección de cuántos van a seguir transitando por nuestras vías.

Estos son los proyectos Ministra que se han adelantado en el 2010 y 2011, luego esta respuesta que yo le leí ahora no es cierto, no hay nuevos oleoductos, estos son simplemente actualizaciones, re-potencializaciones, cosas así, pero no oleoductos nuevos; porque aparte de lo que hemos anunciado de importancia, de envergadura no hay otros, estos son los proyectos ejecutados por Ecopetrol en el 2010 y 2011. Eso es simplemente para ilustrarle que de verdad aparte del Bicentenario, no se prevé algo de impacto en este tema.

Estos todos (gráfica), siguen siendo proyectos para mejoramiento de lo que actualmente hay 2010, 2011 en materia de ductos, y estos son los proyectos en ejecución que tiene Ecopetrol entre Monterrey y Cusiana, San Fernando y Monterrey, Monterrey y Cusiana; lo que hacen es unas inversiones para que se mejore la capacidad y en este

caso sí están pendiente de la autorización de una licencia ambiental. Monterrey-El Porvenir, una repotenciación del sistema de bombeo; Santiago-El Porvenir, esos son los oleoductos, eso es lo que hay, y en esa materia que se nos haya escapado algo menor, pero le digo Ministra esto es lo que existe, no es cierto que se haya disminuido el 50% del tránsito de estos productos con ocasión de los oleoductos.

Pero como acá lo que venimos es a buscar soluciones, acá hay unas acciones inmediatas que han sugerido las comunidades afectadas. Cuáles son esas acciones inmediatas, algunas de ellas ya las hemos discutido en otras oportunidades Ministra, serán ustedes los que técnicamente nos digan si esto es viable o no. Lo primero, el paso de vehículos de carga por el túnel de Buenavista; si usted recuerda, el túnel de ingreso a Villavicencio no permite el paso de vehículos cargados con hidrocarburos y derivados, todo ese tráfico lo mandan por la Comuna Uno que usted le asignó unos recursos muy importantes que van a mejorar la malla vial, y pasan por la inspección de Buenavista, por el Corregimiento Dos; pero resulta que allí es donde se están presentando los accidentes, porque son centros poblados donde la carga de estos vehículos y la contaminación y la peligrosidad de las sustancias vienen afectando a las comunidades.

Estas son las que le digo yo, que se han unido y vienen generando unos movimientos allí de inconformidad, proponen que se adecúe técnicamente el sistema de ventilación del túnel de Buenavista a ver si puede pasar en horas valle o en las horas que ustedes determinen, todos estos vehículos pesados por allí y no como se viene realizando actualmente por la vía antigua; piden retirar unas defensas new jersey que fueron instaladas aparentemente por Coviandes para evitar que los vehículos cojan la vía antigua y para que se les pague el peaje, pero lo consideran bastante injusto porque ni le hace mantenimiento Coviandes y en cambio sí desvía el tráfico a pagar este peaje.

Este punto cuatro pues es bien absurdo, decir que se dote al cuerpo de bomberos y defensa civil con equipos adecuados, pero creemos que sí hay que fortalecerlo y las autoridades locales han hecho un esfuerzo, pero debería ser algo muchísimo mayor; creo que debería corresponder es a las empresas petroleras, pero no es fácil tampoco porque ellas consideran que cualquier cosa que se les pide generalmente es que queremos sustituir las obligaciones del Estado. Estas también son acciones inmediatas, como la instalación de controles y revisión técnico-mecánica a los vehículos desde el sitio de cargue y en diferentes puntos de la vía por donde transiten, especialmente antes del ingreso a centros poblados.

Por qué eso, porque resulta que las exigencias dentro de los campos petroleros son supremamente altas, pero ya salen de ahí y no hay un control en ninguna parte salvo Ecopetrol tiene un control cuando ya pasan Villavicencio hacia Bogotá, como

en Bogotá sí son exigentes, entonces ya después de haber atravesado cuántos centros poblados incluso Villavicencio, ahí sí hacen el control para ingresar a Bogotá; no, estos controles tienen que ser desde que se hace el cargue y verificar las condiciones técnico mecánicas, el protocolo de seguridad, todo, para que no se afecten los centros poblados; y la definición de estrictos protocolos de seguridad para el transporte de hidrocarburos y derivados así como existe actualmente para sustancias peligrosas.

Ahora sí vamos a las soluciones definitivas y este ya es un tema que usted conoce, porque hemos sido muy insistentes en él; una solución definitiva, el tramo tres de la vía Bogotá-Villavicencio, o sea el tramo entre Chirajara y Villavicencio, es un tramo muy corto que yo creo que se puede revisar en su estructuración, creo que con la ANI lo estaba haciendo, en agosto que hicimos el debate empezaron a pasar cosas, fue el Presidente, hubo una propuesta de APP, pero de ahí en adelante Ministra, silencio, no hemos vuelto a saber nada y creo que si es en unas condiciones adecuadas que no impliquen nuevos peajes, peajes adicionales a los tres que son los más costosos de todo el País, creo que hay que agilizar esa solución.

La otra solución urgente es resolver qué va a pasar con la malla vial del Meta, con las salidas de Villavicencio hacia Cumaral, hacia a Acacías y hacia Puerto López; hay una propuesta de APP por parte del grupo Odinsa que básicamente incluye una doble calzada entre Villavicencio y Ciudad Porfía, la intersección Fundadores, la doble calzada Villavicencio-Río Coa, el anillo vial ciudad de Villavicencio, la conexión Catama-Puente Amarillo y la conexión vía Bogotá-vía antigua. Esto incluye la construcción, operación, administración y mantenimiento de los siguientes componentes ya desarrollándolos un poquito más.

El corredor Villavicencio-Granada, la propuesta de Odinsa incluye Ministra la construcción de la doble calzada entre Villavicencio y Ciudad Porfía, la administración, operación y mantenimiento de toda la carretera hasta Granada y la construcción de tres puentes nuevos en Ocoa, Guamal y Humadea. Yo quisiera, viendo el desarrollo, es que usted no se imagina de mes a mes, hace poco que transitamos con usted desde Bogotá hasta San José del Guaviare, usted vio la dimensión de lo que es el tráfico de esas vías y le cuento a los colegas, las de mayor tráfico en todo el País, es un desarrollo que nadie había planeado y que hoy se encuentra desbordado y tenemos que encontrarle una solución.

En consecuencia qué le proponemos nosotros, a esa propuesta de Odinsa, qué le pedimos que incluya, esa doble calzada, por qué no repensamos Ministra desde Villavicencio pero hasta Acacías, usted nos anunció en una reunión en Villavicencio que la ANI estaba estructurando ese proyecto, sería bueno revisar a ver si es posible porque realmente la problemática es muy grave y creo que hoy ya hay que hablar hasta Acacías de la Doble Calzada,

y la construcción de la variante de Acacías, porque le está atravesando toda la carga pesada por la mitad del municipio.

Esto es lo que propone Odinsa en el corredor Villavicencio-Puerto López, la doble calzada Villavicencio hasta el río Coa, la administración de la carretera Villavicencio-Puerto López-Puerto Gaitán- Puente Arimena, y construya hasta Puente Arimena, la construcción de un nuevo puente sobre la balsa y sobre el río Yucao y la pavimentación de la carretera Puerto Gaitán-Puente Arimena; eso es un gran esfuerzo y va a ser muy importante, pero le están faltando allí también ya de acuerdo a las nuevas realidades de los últimos meses, que la doble calzada ya no vaya hasta Ocoa sino hasta la Libertada, porque hasta allí es el trancón permanente que se presenta.

Incluir la construcción del nuevo puente sobre el río Manacacías, es un puente muy grande, muy importante, hoy están utilizando paleteros, las empresas petroleras los están pagando para que solo pase de a un vehículo pesado porque la sobrecarga le está afectando la estructura. Si por allí está pasando todo el petróleo de Puerto Gaitán, de Piriri, de Quifa y del Campo Rubiales pasa por Puerto Gaitán y lo lleva al resto del País, creo que debe tenerse en cuenta la posibilidad del nuevo puente sobre el Manacacías y la construcción de la variante en Puerto López, porque también el municipio se extendió y el tráfico absorbió la parte urbana.

No tiene bermas toda la vía Puerto López-Puerto Gaitán, no tiene un solo espacio, por eso la alta accidentalidad, no tiene bermas, bahías, no tiene retornos, sería bueno que como allí hay unos peajes de Invías, el año pasado recaudó cerca de 10 mil millones de pesos y este año no más en estos cinco primeros meses ha recaudado cerca de 10 mil millones de pesos, y estas adecuaciones cuestan cerca de 40 mil, qué bueno empezar a utilizarlas en el mejoramiento de la vía.

El corredor Villavicencio-Cumaral también de la propuesta de APP de Odinsa, incluye la conexión Catama-Puente Amarillo que es una maravilla y traigo la fotografía que ellos incluyen en la propuesta que realmente va a ser importantísimo. No podemos dejar por fuera también la variante de Cumaral y que la doble calzada no vaya de Restrepo a Cumaral sino de Villavicencio a Cumaral porque allí es donde se requiere; sobre esto le digo Ministra, la variante de Cumaral la descartó la estructuradora que fue Euroestudios Deloitte-Duran & Osorio, porque dice que los costos no hacen inviable la inversión; lo que creemos es que la seguridad vale y la protección a las comunidades vale y en este caso es importante que se haga un esfuerzo presupuestal para liberar a estas comunidades del tráfico, ya les mostré cuántas tracto mulas y vehículos pesados con petróleo las están atravesando.

Y lo último, es el corredor Villavicencio-Yopal-Arauca, esto es algo que ustedes también están estructurando que es una maravilla, se necesita con urgencia, incluye la transversal del Sisga, y

es entregar en concesión y hacerle la ampliación, rectificación, los puentes para conectar Villavicencio con Arauca; esto se requiere y tiene un costo alto, pero también creo Ministra que va a generarle al País muchísimos recursos; estamos hablando de los tres departamentos que le producen al País 76% del petróleo con el que se hacen vías muy bonitas en otras partes, qué bueno si lográramos como Antioquia que hace poco recibió un espaldarazo muy merecido además del Gobierno Nacional, pero creo que tenemos la misma condición para merecer este tipo de inversiones inmensas y que nos permitan de verdad así como aportamos tanta riqueza, recibir en retorno a esta afectación que también genera la industria petrolera y el desarrollo de esta locomotora, también recibir este tipo de avisos de anuncios de que nos van a construir las vías que estamos requiriendo.

Ya con esto concluyo Ministra, esta es la realidad de lo que está pasando actualmente, la vida de los usuarios está por encima de cualquier consideración y eso es lo que queremos que usted, que ha sido la mejor aliada que hemos tenido los llaneros, hoy también abandere esta causa que no ha recibido atención de otras autoridades para que esto no siga ocurriendo, para que se encuentren soluciones concretas como la que yo he planteado y la que seguramente plantearán acá los que van a intervenir y que representan a estas comunidades.

Acto seguido, solicita el uso de la palabra el representante a la cámara, Camilo Andrés abril, quien hace presencia en el recinto de sesiones, y una vez concedida, señala:

Quiero agradecerle a la Senadora Maritza Martínez Aristizábal por citar a este importante debate de la situación de las vías en los departamentos productores como el Meta, productores de petróleo, Casanare, Arauca. La Senadora lo explicaba muy bien y en alguna oportunidad en Plenaria de la Cámara lo dije a la Ministra de Transporte, que departamentos como Casanare, Meta, Arauca, han diseñado y han construido unas vías para transporte liviano para los productos agrícolas, la yuca, el plátano, transportar la ganadería.

El máximo peso cuando se diseñó estas vías era para transportar ganadería y fueron vías construidas Ministra, con recursos de las regiones de nuestros departamentos, de nuestros municipios, pero que lastimosamente hoy han sido destruidas por el transporte de crudo; y más duele ahora cuando nuestras regiones productoras fueron despojadas del manejo de las regalías; y no solo el manejo de las regalías, sino también de los recursos de las regalías. Por eso Ministra, como usted miraba ese video que le presentaba la Senadora Maritza Martínez, nosotros decíamos, los departamentos productores, los que vivimos unas situaciones de daños ambientales, daños sociales, nos merecemos una compensación y por eso defendíamos las regalías en los debates que se realizaron en la Cámara y que se realizaron en el Senado.

Ministra, hay unas preocupaciones muy grandes, además de la destrucción que ocasionan estos vehículos, es esos accidentes que se han ocasionado en todos nuestros departamentos productores. Un solo caso que además lo comenté, el año anterior, a mediados de enero del año pasado, un accidente de tránsito sobre la vía marginal de la selva a la entrada principal del casco urbano del municipio de Ato Corozal, dejó como resultado la muerte de tres miembros de una misma familia, el vehículo responsable del accidente transportaba tuberías de oleoducto Bicentenario de Colombia.

Y en el mismo municipio, y estoy citando un solo ejemplo de un solo municipio, y es más, es uno de los municipios que más pocas muertes ha tenido porque si hablamos de Yopal, ha sido peor la situación en cuanto a accidentes y muertes que ha dejado nuestra región, nuestra tierra. Otro se presentó también de Ato Corozal a San Salvador Ministra, en la que dejó a una persona muerta, el conductor de una motocicleta, también un vehículo de la industria petrolera, esto Ministra en solo un municipio que es Ato Corozal, de muy pocos habitantes.

Qué hacer frente a esto, yo lo propuse la otra vez al Ministro de Minas y Energía, al doctor Federico Rengifo, y él dijo que se podría hacer ese trabajo en la que se siente el Ministerio de Transporte, Ministerio de Minas y Energía, gobernadores, alcaldes, el ANLA, la Agencia Nacional de Hidrocarburos, todos los sectores que tienen que ver con el transporte, con la minería, y los gerentes de las empresas petroleras, y que se busque una solución para el arreglo de esas vías.

La plata Ministra, quién debe colocarla para solucionar ese arreglo. Decía la Senadora, y son cifras oficiales, más del 70% de la riqueza petrolera de este País sale de estos tres departamentos, de Arauca, Meta y Casanare; por qué no, de todos los recursos de las regalías que se han traído para manejarlos por el Gobierno Nacional, por qué no nos dejan un poquitico para nuestras regiones productoras y nos arreglan las vías, comparados esos recursos que se han traído, por qué no nos soluciona ese problema Ministra, porque hoy es un caos.

Yo quiero que usted muy pronto visite a Casanare y lo haga por tierra como lo ha hecho en otras regiones del País, y visite nuestras vías. Cerca de Yopal es realmente -y me disculpa la expresión acá- pero es penoso es vergonzoso y es muy triste para nuestros ciudadanos lo que están viviendo allí a diario y han pensado en realizar como lo explicaba la Senadora, manifestaciones públicas, paros, en este momento y perjudicados todos, la comunidad, el Gobierno los políticos todos, porque en un paro prácticamente no gana absolutamente nadie, incluso nosotros como Congresistas de las regiones quedamos en medio de todo esto porque nos reunimos con la comunidad, los apoyamos, los acompañamos para que puedan ser escuchados por el Gobierno, pero a veces el Gobierno nos tilda que somos los que agitamos esos paros.

Y si nos reunimos con el Gobierno y buscamos soluciones también con los gerentes de las empresas petroleras a veces nos dicen, bueno, y ¿ustedes están buscando negociar con el Gobierno o con las petroleras?, para que no se hagan los paros. Entonces Ministra yo quiero que usted encabece esta mesa de trabajo, usted y el Ministro de Minas y Energía; y no es hablando acá de cualquier cosita, estamos hablando de un problema grave que viven nuestros departamentos y lo estamos advirtiendo hoy aquí en el Congreso de la República en la Comisión Quinta.

Y lo otro Ministra y al Director de Tránsito de la Policía Nacional, por favor busquemos una solución para prevenir esos accidentes que hay; nuestros departamentos no tienen doble calzada, nuestras vías no son de doble calzada y son las únicas vías en el País Ministra, que no tiene restricción vehicular los fines de semana y los festivos; por qué no con la Cámara de Comercio buscamos analizamos a ese estudio, cuánto han podido perder nuestros departamentos por no poderse ejercer bien la actividad del turismo; a la gente le da pereza ya salir en sus vehículos a recrearse y a pasear con la familia, a invertir en turismo por la vías primero que todo en el estado en que están, y segundo los accidentes.

Los fines de semana y festivos usted se va para un sitio turístico y encuentra más tracto mulas que le toca a uno orillarse; es más tengo una experiencia propia, el año pasado en noviembre, yo venía de un corregimiento y una tracto mula me sacó y la camioneta quedó sirviendo para nada, pérdida total, venía yo junto con mi hermano y alguien de seguridad venía y la camioneta quedó sirviendo para nada Ministra; una tracto mula me sacó del camino y la tracto mula no paró ni supe cuál fue la tracto mula, eso fue como hacia las 10:00 de la noche.

Entonces nos ha pasado absolutamente a todos, gracias a Dios mi integridad física no sufrí absolutamente nada, pero eso le está pasando hoy en día con muchas muertes que hay en Casanare, que es preocupante. Ministra, póngale atención a la restricción vehicular los fines de semana en nuestras regiones por favor, hagámoslo y prevenimos una cantidad de accidentes y también beneficiamos a nuestras regiones con el desarrollo el turismo. Estos departamentos no tienen doble calzada por eso hay que hacer la restricción vehicular los sábados, los domingos y los festivos durante el día, porque está afectando mucho la economía de los municipios de nuestro departamento.

Solo quería hablar de esos dos temas y que se le haga un seguimiento a esto, la esperamos pronto recorriendo una parte del departamento del Casanare, las vías, que sea pronto. En este momento hay una situación crítica del departamento también en cuanto a gobernabilidad, ya estamos a diez días de las elecciones a gobernador, tan pronto pase estas elecciones la esperamos en Casanare visitando el departamento y también llevando soluciones, porque realmente son muy urgentes.

Seguidamente y por petición de la Senadora citante, la Presidencia somete a consideración y votación de la comisión la declaratoria de sesión informal, la cual es aprobada y la Presidencia otorga por cinco minutos el uso de la palabra al doctor Oscar Alejo, Concejal de Villavicencio, quien luego de un breve saludo a los asistentes, en especial a la Senadora Maritza Martínez a quien agradece además por la convocatoria, sigue diciendo: Para nosotros es importante la intervención que se pueda hacer desde el Gobierno Nacional en las vías no solamente de Villavicencio, sino de la región.

Vemos día a día como lo mostró la Senadora Maritza Martínez en el video más explícitamente, porque una cosa es decirlo y otra cosa es vivir lo que día a día está pasando en las vías de Villavicencio que están llenas de tracto mulas; este tráfico pesado que hoy en día circula por las vías de Villavicencio que desafortunadamente hay que decirlo así, y el señor Alcalde en la ocasión anterior señora Ministra usted estaba recién posesionada, en el anterior debate que se citó aquí en la Comisión Quinta por parte de la Senadora Maritza Martínez, decía que a la Agencia Nacional de Infraestructura no correspondía -y lo ratifica hoy la Senadora Maritza, lo que hoy en día tiene que hacerse en Villavicencio; nos están utilizando todos los corredores viales de la ciudad para transitar, para que estos vehículos de transporte pesado que llevan transporte o material sumamente peligroso, estén congestionando las vías que por sí nos corresponden a los ciudadanos de Villavicencio.

No hay vías de escape, si nosotros nos ponemos a ver el centro poblado que es Villavicencio, ingresan carro tanques, mulas por la vía Restrepo-Cumaral provenientes muchos de Casanare y Arauca, por la vía Puerto López-Puerto Gaitán innumerables tracto mulas que forman trancones en esta vía principal, y por eso el llamado de la Senadora Maritza de que no a la doble calzada que tiene proyectada hasta el Ocoa no solamente, sino se lleve mucho más allá para poderla descongestionar. Ni qué hablar de la vía hacia Acacías, donde no solamente saliendo de Villavicencio encontramos innumerables tracto mulas haciendo trancón, y lo peor de todo, ocasionando alta accidentalidad.

Eso da que todas esas tracto mulas que ingresan a Villavicencio congestionan mucho más la salida a Villavicencio-Bogotá, hablando por la vía antigua donde quienes nos acompañan en el día de hoy yo sé que van a hacer referencia a la innumerable problemática no solamente en el impacto ambiental que se genera en estas comunidades, sino que también el tema de la vida de las personas que por allí habitan; vemos nosotros accidentes y solamente Senadora los que usted contabilizó con el trabajo que juiciosamente se hizo, estamos hablando de 46 que se pudieron contabilizar, pero aquellos que no son de desastre, que no son de publicaciones en los medios de comunicación, no están allí, no aparecen, pero

son mucho más y nosotros quienes día a día atendemos la comunidad de Villavicencio, atendemos estas quejas que desde allí se pueden dar.

Aquí están los habitantes líderes de la Comuna Uno, la parte del Corregimiento Dos, en la parte de Buenavista, Pipiral que nos acompañan y no nos dejan mentir sobre esta problemática; y digo, no solamente el impacto ambiental hoy que es el día mundial de medio ambiente, sino en el tema de la alta accidentalidad que se da en este corredor vial; por eso importante Senadora, esa propuesta que se trae el día de hoy y ojalá sea recibida por el Gobierno Nacional de una manera bondadosa para nosotros los villavicenses.

Habilitar el túnel de Buenavista para que sea por allí donde las tracto mulas de una forma técnica como usted lo ha dicho, de una forma juiciosa, transiten las tracto mulas; con eso nosotros alcanzamos a descongestionar la parte alta de la ciudad y quienes transitan por el anillo vial puedan salir inmediatamente de Villavicencio y no nos congestionen las vías importantes congestionando repito, el tránsito automotor en la ciudad capital del departamento del Meta.

Por eso señora Ministra, el llamado como Concejal de Villavicencio, no vengo en representación de los concejales sino como Concejal de Villavicencio, representando parte de la comunidad; es que estas iniciativas, estas propuestas que presenta la Senadora, que muchos de nosotros nos sentamos con usted Senadora para revisarlas y plasmarlas en un documento que se hiciera hoy visible a quienes nos escuchan, se tengan en cuenta, se atiendan.

Se tiene hoy invitado a los amigos de Ecopetrol, Senadora, y aquí queremos también hacer partícipes para que ellos hagan parte de la solución no parte del problema; cuando se ocasionan tragedias, estos incidentes que se han venido presentando en Villavicencio quienes atienden de primera mano todos esos incendios que ocasionan este mal trato en el medio ambiente, pues es los cuerpos de bomberos, pero no hay un aporte significativo por parte de Ecopetrol para atender. Estos cuerpos de bomberos simplemente en Villavicencio hablando del tema que nos ocupa, son los que dan los recursos para que de cierta manera se solventen estos cuerpos de bomberos voluntarios.

Allí sabemos que tienen un contratista para el manejo de residuos peligrosos pero el primer responsable en el tema porque así lo debe ser y así es cuando lo convoca la comunidad pues es el cuerpo de bomberos y repito por esto y dentro de la propuesta que se trae está incluido Ecopetrol para que pueda de alguna manera responderle a los cuerpos de bomberos aportando algunos recursos.

Señora Ministra, Presidente, no quiero alargarle más porque creo que los cinco minutos ya pasaron pero aquí cuenta señora Ministra con el respaldo y quiero como Concejal de Villavicencio, agradecerle a usted la deferencia que ha tenido y queremos seguir contando con usted Ministra, yo

sé que usted y así lo dijo usted en su reciente visita a Villavicencio, Villavicencio es su otra casa y así lo sentimos nosotros, usted es una huésped de honor para nosotros en Villavicencio, pero queremos que esas súplicas que hoy en día le pide la comunidad de Villavicencio, sean atendidas.

A su turno en las intervenciones, señala el señor Pedro Ruíz, representante de las comunidades de Buenavista:

Voy a aprovechar estos cinco minutos en nombre de los usuarios de la vía antigua ruta 40ª, porque la 40 es la mal llamada autopista de los Llanos, la vía que está a cargo de Invías Meta todo el tiempo y quienes por muchos años la han descuidado en su mantenimiento en tan solo 14.3 kilómetros de recorrido.

Queremos señora Ministra, informarle que esta vía fue construida en la década del 50 entre el año 1958 y 1962 para un flujo vehicular de 100 carros promedio día de 10 toneladas, y hoy transitan aproximadamente 2.000 vehículos día por una vía con cargas hasta de 50 toneladas; cabe recordar que fue una vía construida sobre la cordillera oriental que fue técnicamente mal diseñada señora Ministra, usted hace un mes pasó por ahí a toda carrera pero se pudo dar cuenta del estado, yo le hice el pare pero no me pudo ver, para mostrarle todas las dificultades que pasamos nosotros.

Está tan mal diseñada que sobre ese terreno inestable ecológicamente, se construyó esa carretera que ahí es la única variante que existe en caso de que exista un accidente entre el peaje Pipiral y el Parque los Fundadores. A nosotros nos vendieron el cuento de la autopista llano en solo 90 minutos, hoy nos gastamos en horas de la mañana 2 horas 40 minutos, ya no son 90 minutos, y cuando hay un daño entre el peaje Pipiral y Villavicencio, obligatoriamente todo el mundo pasa por la vía antigua, no hay señalización, no hay ninguna responsabilidad de Invías Meta, por qué nosotros somos los castigados por el Estado como conejito de indias.

Señores Senadores, el contrato 444 año 94, fue el primer contrato hecho en el país al dedo, al anillo de la concesionaria. Le decía a la señora Ministra que desafortunadamente a este territorio le tocó vivir una experiencia muy mala, el Gobierno invirtió millones de pesos, pero miles de millones de pesos, el concesionario solamente 79 mil, ya los recuperaron, aquí hay una investigación que lo ve, que la Contraloría en un año lo hiciera, donde hay detrimento patrimonial en un solo lapso de cuatro años 51 mil millones en la variante de una, que no le corresponde al Estado, lo invirtieron; le hice entrega a la Presidencia, le hice entrega a la Ministra, se lo he entregado a todos los medios, quisiera que el Senador Robledo también se enterara de este hallazgo porque no ha habido autoridad que aplique por qué el Estado invierte en una concesión.

Aproximadamente la inversión que se está haciendo en este momento es de 1.9 billones en el

tercio de la doble calzada, doble calzada es porque sale de un punto de origen y van a un punto de destino y están interviniendo solamente el centro de esa vía; qué triste, uno no entiende cómo el país invierte 1.9 millones a dedocracia, usted lo hace, le hicieron una adición al contrato 444, 583.3% más de lo que debía ser, por Dios, cómo hacen esas cosas, y fuera de eso no nos reconocen.

El concesionario Coviandes no ha invertido un solo peso en esa vía, pero sí recibe diariamente miles de millones entre la glorieta de la grama de la ciudad de Villavicencio y el peaje de Pipiral hay 18.4 kilómetros y entran obligatoriamente caen todos los vehículos al peaje. Absolutamente no hay responsabilidad del concesionario, no queremos saber nada de Coviandes señora Ministra por esa vía antigua, ya sabemos que Coviandes maneja durante 20 años ese contrato, el próximo se termina este mes pero ya se lo adicionaron hasta el 23.

Desafortunadamente hemos sido los habitantes y los usuarios de la vía antigua las víctimas por falta de responsabilidad de gobiernos anteriores y a éste también le cabe alguna responsabilidad, por eso hemos presentado estas siguientes propuestas. Señora Ministra, hay un exceso de flujo vehicular de tracto camiones por esta vía que está mal diseñada; segundo, la inestabilidad geológica de esta vía por los hundimientos y desplazamientos de masa, hoy contamos con siete derrumbes; tercero, estamos expuestos permanentemente a los accidentes son riesgos latentes; cuarto, existe una contaminación ambiental por derrames por esta zona que es una fuente hídrica de la ciudad y es una reserva natural. Por último, no entendemos por qué Señora Ministra, sacan crudo del llano por un sistema de oleoducto rodante, pensamos que si no se puede sacar el crudo por un oleoducto, por favor déjenlo allá y nos quitan el problema.

Acto seguido y con la venia de la Presidencia, interviene el doctor Germán Vivas, Representante de las Organizaciones Ambientales, diciendo:

Yo les traigo una presentación de las organizaciones ambientales que lideramos en el piedemonte llanero y que hemos vivido esto a diario. A medida que se hace la presentación de dispositivas, el señor Vivas manifiesta. Vamos a hablar de las externalidades y el pasivo ambiental que genera la industria petrolera, que no se ha avaluado en nuestra región; pérdidas de vida, alto índice de accidentalidad, regueros de crudo, derivados, y todos estos regueros suceden a diario, ruido con efecto sin ser, la tranquilidad de nuestros pobladores está totalmente pordebajada, el material particulado que genera este transporte y el riesgo alto que ocasiona el tráfico de las 30 mil tracto mulas a diario, como podemos ver en el mapa la vía antigua Bogotá-Villavicencio y tanto el túnel salen por una reserva forestal nacional y la vía antigua, genera los regueros que vamos a ver a continuación.

Las condiciones del tramo del barrio la Grama a la vereda Pipiral, es un trayecto de 17 kilómetros

con curvas y pendientes pronunciadas, pasamos de una altura de 500 metros sobre el nivel del mar, a 1.190 como punta máxima de altura, 60.000 habitantes vivimos a borde de vía, entonces estamos en un riesgo muy alto con 3.000 mulas a diario, esto fue lo que rebosó la copa, ya la comunidad no aguanta un accidente más, una víctima más de nuestras comunidades. Este reguero es a diario, todas las tracto mulas en las pendientes que estamos en este trayecto de 7 kilómetros de la Grama a Buenavista se ocasionan todos los días, una gota de petróleo contamina 25 litros de agua pura y esta cuenca abastece 16.769 habitantes en donde hicimos el análisis del agua y todos los acueductos que se están abasteciendo tienen contaminación por aceites y grasas.

La huella ambiental en dónde está, ya tenemos un pasivo ambiental en donde tenemos que evaluar y que las empresas petroleras tomen conciencia de lo que están haciendo y los invito a analizar las fotos; miren por dónde están transitando las tracto mulas porque hay un reguero, van por la mitad de la vía, orillando los vehículos que estamos utilizando, lo mismo que le sucedió al Representante y al Senador. Y lo peor es que hay un riesgo latente para estos 60 mil habitantes a borde de la vía, pero es que tenemos siete colegios que están sobre esa vía; nuestros niños, estamos esperando que suceda un desastre para poder ahí sí tomar medidas al respecto.

Ahora vemos las condiciones técnicas del tramo túnel de Buenavista que es un trayecto entre el anillo vial Los Fundadores y Pipiral, de 13.5 kilómetros y de cuyo túnel tiene un trayecto de 4.5 kilómetros, pero pasamos de una altura de 640 a 785; la pendiente y el cambio de altura ahí se puede dar cuenta de que no es mucha, y lo principal es que ese trayecto de vía no cuenta con población a borde de vía, entonces estamos disminuyendo el riesgo latente para la población llanera.

Esto es un llamado que le hago a la Ministra, Coviandes en el año 2.006 adelantó un estudio del túnel de la gestión del riesgo para el túnel, una evaluación técnica de análisis cuantitativo de riesgos, en donde en la página www.tekia.es lo encuentran, y ahí vemos todos los análisis técnicos que se tienen. Conclusión del estudio es, que sí se puede pasar por el túnel y es lo principal que les quiero comentar a los Senadores, que se tienen que hacer unas medidas y que se tienen que utilizar unas estrategias, claro, ahí tienen que hacer una inversión y unas adecuaciones a corto plazo.

Entonces hacemos un análisis de riesgo vía alterna para el transporte de hidrocarburos, vía túnel tenemos un riesgo alto de que suceda un accidente, se pueden corregir las condiciones técnicas con las recomendaciones que hizo el mismo estudio de Tequia que lo pagó Coviandes, se puede mitigar y prevenir los accidentes, se disminuye el desgaste y ahorro para los tracto camiones, eso es un beneficio para el mismo transportador, y el riesgo solamente sería para los conductores y la infraestruc-

tura consolidada que sería el túnel; pero si vemos el contraste con la vía alterna, el riesgo es muy alto, no se puede corregir las condiciones técnicas, cómo le cambiamos las pendientes, cómo les cambiamos las curvas tan agresivas que tenemos en estos sectores; no es posible mitigar un riesgo, y eso lo hemos analizado entre varios técnicos de diferentes especialidades y es un riesgo para 60.000 mil personas que ya no aguantamos más.

Continuando con el grupo de intervinientes en la sesión informal, el representante de la Comuna Uno de Villavicencio, señor Adolfo Rodríguez, manifiesta al serle concedido el uso de la palabra:

Realmente vemos con preocupación, cómo el Gobierno Nacional ha querido soslayar el riesgo al cual nos tiene sometidos con la forma tan coloquial como han asumido el transporte de hidrocarburos, empeñados en fortalecer una posición centralista, simplemente se han olvidado de las necesidades de los departamentos y de los municipios, dejando a un lado o minimizando quizás el problema que nos han creado.

Y decimos nos han creado, porque nosotros no elegimos la explotación petrolera, hoy en día estamos alejados de nuestro potencial agrícola, sometidos a los daños que nos está dejando la locomotora minera; el aumento en el número de accidentes dan fe de la improvisación que se está viviendo en el sector petrolero señora Ministra, donde la cadena de transportes no tiene vigilancia ni control por parte de las autoridades; vemos que la Policía de Carreteras, Ecopetrol, Invías y sus aliados, les ha faltado disposición para asumir el problema. Cómo ellos hablan que existen diferentes controles pero cómo a Villavicencio llegan, lo vimos la semana pasada, un tractocamión cargado de crudo con fisuras en el tanque, cuando los guardas de tránsito de Villavicencio lo detienen, venía con la ficha de cargue autorizada de Rubiales.

Las vías del departamento no tienen la capacidad para este tipo de tracto camiones, para este tipo de vehículos. Ya decíamos para el caso de Villavicencio, en la Comuna Uno, la ruta 40 es la única vía de acceso entre la Comuna Uno y el Corregimiento Dos a 42 barrios y veredas que se encuentran en esta zona; es una vía diseñada y construida en el siglo pasado, no es apta para las cargas que se están sometiendo, hablábamos de cargas de 10 toneladas en esa época, hoy tenemos cargas de hasta 72 toneladas, unos radios de giro que no son adecuados para este tipo de vehículos, igual las pendientes que tiene esta vía son las que han generado los incendios, los derrames. Ya escuchábamos, en esta zona es una reserva y están las bocatomas de cinco acueductos municipales, más de 17.000 personas sometidas a estos derrames. Sin dejar a un lado que el POT de Villavicencio no permite el tránsito de este tipo de vehículos de más de tres ejes por la calle 44 que es el inicio de esta ruta 40.

Nos pintaron una ilusión de la autopista al Illano, diciéndonos que con el túnel se solucionaba el problema y hoy en día vemos, diez años después de funcionamiento de este túnel, que el problema se nos agrandó. Como lo decía Germán, existen unos estudios de Tequia que recomiendan que el tránsito se haga por allí; señora Ministra, en ustedes está que nos ayuden a que eso sea una realidad. En la Comuna Ocho tenemos la salida para el municipio de Acacias, llevamos muchísimos años con el tema de la doble calzada y no se ha podido realizar, no existe un solo día que no exista un accidente en esta vía, del 2007 a la fecha van 463 muertos, de ellos el 60% por causa de las tracto mulas, al igual en la salida a Puerto López.

Para el caso del municipio de Cumaral, se pretende concesionar la vía, ya lo dijimos acá, dejando de lado la construcción de la variante porque presuntamente la tasa de retorno de inversión no es rentable; qué podemos decir entonces de la tasa de accidentes y de víctimas, debemos decirle a la ANI que nos responda si esa tasa sí es rentable entonces para ellos. La calle 12 es la vía de ese municipio por donde transitan todos los tracto-camión, a todos los municipios, Restrepo, Cumaral, Puerto Gaitán, Puerto López y todos los departamentos por donde pasa la locomotora minera.

Por todo esto y para concluir señora Ministra, pedimos que del Gobierno Nacional nos ayuden a conformar una mesa técnica en nuestro departamento con la presencia del Ministro, obviamente del Ministerio de Transporte, del Ministro de Minas, de la ANH, del Ministro de Ambiente, de la ANI, de Ecopetrol y sus aliados; hay que vincular a Pacific, Ocol, Petrominerales, a Cenit, a todos ellos, obviamente a la comunidad, porque es que desde acá de Bogotá quizás es muy fácil tomar decisiones sin conocer el riesgo al que estamos sometidos nosotros. No estamos en contra de los transportadores ni del desarrollo económico del país, estamos en defensa de la vida, no queremos más tránsito de hidrocarburos por nuestros barrios.

Finalmente interviene con la venia de la Presidencia el doctor Juan Guillermo Zuluaga, Alcalde de Villavicencio, y señala:

Cuando yo vengo a un debate y se trata con la cartera que usted dirige Ministra, vengo con esperanza, vengo con ilusión, porque como lo han dicho todos y también lo dijo el Concejal Alejo, usted ha sido una buena respuesta para muchos de los problemas que tenemos en la ciudad, y no voy a repetir en lo que ya han intervenido todos, pero quiero dejar como el punto central del que estamos aspirando nosotros en este debate.

Cuando en el Gobierno de Andrés Pastrana se entregaron los túneles de Buenavista y Vijagual, soñábamos en la ciudad que todo el tráfico vehicular pesado que impacta a los barrios altos de la ciudad y en general todo Villavicencio, sonábamos que el tráfico vehicular pesado se iba a ir por la vía nueva, por esos túneles; en esa época no salía tanta producción de hidrocarburos por Villavicencio.

Entonces los que quedaron pasando por la vía antigua eran muy poquitos y todo el tráfico vehicular pesado se fue a pasar por los túneles de Buenavista y Vijagual, pero como se incrementó de la manera que usted conoce y que el país sabe y que hoy somos el primer productor de petróleo del país, nos dijeron que todo ese tráfico vehicular que tenía una carga peligrosa, esa carga peligrosa no podía ir por los túneles, que la carga peligrosa debía ir era por la ciudad no por los túneles, y eso ha generado lo que acaba de con mucho acierto el ingeniero de exponer, no solamente que nos está sometiendo a muchos riesgos la cantidad de accidentes con saldos fatales es enormes, la afectación en nuestras fuentes para el abastecimiento de la ciudad, todo lo que está generando en la parte alta de la ciudad.

Hace unos días Ministra, cuando usted nos ayudó en una enorme solución en la vida que ya se lo hemos reconocido en muchas ocasiones, le escuché decir al doctor Mariño que es el Gerente de la concesión, que podíamos por esa época diseñar un plan de acción para que el tráfico vehicular pesado, esa carga peligrosa que nos mandan por toda la ciudad, que podríamos diseñar una contingencia para que se fuera por los túneles.

Como nos han dicho que los sistemas de ventilación no soportan esa carga, el mismo concesionario nos dijo que se podía hacer unos planes de contingencia especiales para que ese tráfico vehicular se fuera por los túneles. Nosotros hoy, en una concertación con la comunidad, la comunidad que en varias ocasiones he tenido que soportar los paros que nos hacen en la curva del tigre, en los diferentes sectores, que no aprobamos las vías de hecho pero entendemos la desesperación de las comunidades y permanentemente sale a hacer el bloqueo de las vías y coincidimos todos, que sería muy bueno Ministra que usted nos ayude a evaluar la propuesta de que todo el tráfico vehicular pesado que impacta a Villavicencio, solamente circule en horas de la noche y que en horas de la noche con esta contingencia especial que nos ha dicho el concesionario, puedan utilizar los túneles y así los sacamos totalmente de la ciudad, porque transitarían por el anillo vial y automáticamente los estamos sacando del perímetro urbano.

Nos tocaría a quienes hacemos uso de la vía Senadora y honorables Senadores, los vehículos pequeños transitar por la vía antigua después de las 8:00 de la noche, no sé, eso lo concertaríamos, y todo el tráfico vehicular pequeño nos vendríamos por la vía antigua que hoy no está en tan malas condiciones; hoy hace falta un tramo que es exactamente desde la curva del tigre hasta la glorieta La Grama que está en pésimas condiciones; pero en este momento usted sabe Ministra que está haciendo trámite unos recursos muy importantes que nos van a permitir hacer una inversión para que desde la Grama hasta la curva el tigre tengamos una vía en mejores condiciones, para que el tráfico vehicular de los vehículos pequeños nos ayude en este sacrificio de tener que utilizar la vía antigua

por un tiempo prudencial; y digo un tiempo prudencial porque también usted sabe Ministra que se está haciendo con un APP que nos gustaría saber, y quiero aprovechar la oportunidad para pedirle que hace unos meses usted le dio la instrucción a la ANI de que fueran a Villavicencio a socializar el tema, y estamos muy pendientes las autoridades locales y los gremios de que vayan a socializar el tema de la APP en la doble calzada Fundadores a Acacias, a Puerto López, o sea que mientras se da lo del tema del APP, podemos tener una contingencia especial y sacamos todo el tráfico vehicular que usted lo vio ahora en video y en imágenes, nos está causando tanto problemas.

Ese creo yo Ministra que es como el punto central de lo que quisiéramos que usted evalúe con el Inviás, con el concesionario con la ANI, con los que haya lugar, creo que sería una solución transitoria Senadora, que sacaría a la ciudad del peligro inminente que hoy tenemos. Este último accidente que aconteció pudo haber tenido consecuencias fatales, mucho más de lo que pasó, que hay muertos incluidos incluso pero pudo haber sido mucho más grave por la cercanía a unas estaciones de gas domiciliario por lo que estaba transportando. No esperemos Ministra a que nos pase otra fatalidad, es que el sector de la Grama, el sector de la vía antigua ha tenido muchos inconvenientes y muertos permanentemente, así que Ministra queremos dejarle ese punto.

Finalmente quiero pedirle Ministra que nos ayude a evaluar la posibilidad de retirar los maletines que hay en el peaje de Pipiral, es absurdo que estén ubicados allí, yo creo que si un funcionario de alto nivel con el que usted nos permita reunirnos para que analicemos esa petición que la tenemos hace muchísimos años, nos permita que finalmente sean retirados en un acto de justicia de la concesión con nuestra ciudad por lo que está pasando.

Finalizadas las intervenciones ciudadanas, la Presidencia somete a consideración y votación la propuesta de volver a sesión formal y por Secretaría se anuncia que los señores miembros de la Comisión han aprobado retomar la sesión formal, permitiéndole a la Presidencia, dar paso a la intervención del Representante a la Cámara por el departamento del Meta, doctor Jaime Rodríguez, quien inicia diciendo. La comunidad que intervino, la Senadora y el Representante han expuesto el problema que hoy vivimos, ellos desde su óptica como lo viven a la salida de la vía Villavicencio–Bogotá, pero el problema no es solamente esa parte, es toda la vía Bogotá–Villavicencio y a veces es como consecuencia o como causa del mismo comportamiento de quienes manejan esas tracto mulas.

Uno encuentra cuando viaja, porque yo no viajo en avión sino por carretera, que las tracto mulas de por gusto o por competencia o no sé, se unen 6, 7, 10 tracto mulas y muchas veces no dejan pasar a nadie y eso ocasiona muchos accidentes. En la seguridad industrial uno mira que la mayoría de conductores manejan 10, 12 horas una tracto mula

y lógico, cuando van por la mañana van dormidos y ocasionan accidentes; entonces uno observa que son muchos los motivos de esta accidentalidad, lo mismo ocurre en la vía hacia Puerto López en la vía hacia Acacias, en la vía hacia Cumaral, porque por todas estas vías transitan las tracto mulas.

Nosotros podríamos decir como dice hoy la comunidad del departamento del Meta, que hemos sido de malas cuando se encuentra un pozo de petróleo. Todas las veces que anuncia Ecopetrol o alguna empresa multinacional que hizo un hallazgo de petróleo, la gente se pone nerviosa porque sabe los problemas que nos quedan; problemas sociales como lo han planteado, problemas ambientales, problemas económicos, y nosotros no vemos absolutamente que nada le quede al departamento; siempre se habla que estos son departamento ricos y eso es falso, son ricos los que van y sacan el petróleo y allí nos dejan los problemas, las tristezas y ninguna solución.

Uno encuentra que muchos departamentos y municipios reciben regalías porque pasa el oleoducto; el Meta o Cáqueza o Cundinamarca qué recibe por el tránsito de las tracto mulas, y lo más triste es que nosotros contribuimos en la construcción de una vía a través del peaje, pagamos peajes para que los señores que sacan la riqueza se hagan más ricos y le arreglamos nosotros con nuestros propios recursos cuando pagamos peaje esas vías, para que ellos puedan transitar, no nos queda nada por la explotación del petróleo y en cambio donde hay oleoductos, se les paga unas regalías.

Señor Ministro, hoy que veo aquí al Ministro de Agricultura le voy advertir algo para que quede aquí en esta acta; Granada y el Ariari es una región donde se produce alimentos y hoy la gente está protestando e incluso vamos a participar de unas marchas donde no quiere que haya explotación de petróleo porque eso acaba con la seguridad alimentaria; en Granada la gente no quiere tener petróleo ni en Vista Hermosa ni en Lejanías ni en ningún municipio de estos del Ariari.

Y hay que ponerle atención a eso señor Ministro, porque nosotros estamos encausados en incrementar la riqueza de unos pocos con la desgracia de muchos, y entre estos los bogotanos, porque ellos perciben y reciben muchos alimentos de la región del Ariari y yo creo que hay que buscar concertar con estas comunidades, porque reitero, en el departamento no quedan sino desgracias; se está acabando el agua, se están creando problemas sociales, de educación, de vivienda, de alimentos, y no queda absolutamente nada, no estamos recibiendo ningún tipo de riqueza. Señora Ministra, yo creo que nosotros los llaneros hemos contribuido mucho con la riqueza del departamento y nos toca pagar nuestras propias vías, yo creo que es justo.

Yo observo que la comunidad de la Grama protesta y mire que dice que mandemos las tracto mulas en las horas de la noche por el túnel; yo me acuerdo mucho que cuando se planteó la construcción del túnel, se planteó la construcción de

dos túneles, uno para subir y uno para bajar, y esto no ha ocurrido, sin embargo el costo de los peajes en el departamento del Meta son demasiado altos y no hemos solucionado ningún problema; aquí la comunidad estaba planteando que muchos accidentes se ocasionan por el reguero de petróleo y aceites que dejan las tracto mulas, eso significa que no hay seguridad industrial en estas empresas que prestan el servicio.

Yo creo que hay que llamarle la atención a la Policía porque la contaminación que hacen en las vías y ellos tienen unas normas que obligan o que les permiten obligar a que estas empresas hagan esos controles de su seguridad industrial, y yo creo que es justo que usted nos colabore para que se incrementen los recursos para mejorar estas vías; no solamente la carretera Bogotá–Villavicencio sino que hay que pensar en Villavicencio–Acacías–Granada, en Villavicencio–Puerto López–Puerto Gaitán, en Villavicencio–Cumaral–Villa Nueva, porque estas vías es por donde se está sacando la riqueza de otros, no la nuestra, no nos están dejando absolutamente nada, por eso yo creo que es bueno comprometer a todas estas empresas para que ellos hagan aportes en el mejoramiento de estas vías.

La Presidencia ofrece un saludo de bienvenida al debate, a la Senadora Olga Suárez Mira y al Senador José Herrera Acosta y seguidamente le ofrece el uso de la palabra al Senador Jorge Robledo Castillo, señalando éste en su intervención:

Primero saludar y felicitar a la Senadora Maritza Martínez que sigue preocupada por estos asuntos de las vías de los llanos Orientales. Yo simplemente voy agregar un asunto que cada vez me preocupa más; es que de eso estamos hablando yo no sé hace cuántos años, y estamos hablando de las vías de una región que está aportando una parte extraordinaria de la riqueza petrolera del país y agraria; estamos hablando de una región importantísima que está aportando 76% de todo el petróleo que sale del país. O sea, cualquier cosa podrá decir el Gobierno, menos que esa región no aporta con qué arreglar esa vía, eso es una cosa absolutamente absurda, recontra sobra la riqueza que se genera en esa región para que esa región tenga vías dignas decentes, y de esto insisto, se está hablando desde hace mucho tiempo.

A qué conclusión he estado yo llegando, que al Gobierno realmente le importa un pepino esto, al Gobierno le importan mucho más otras cosas, entonces por ejemplo, al Gobierno le importa principalmente el negocito de la vía Bogotá–Villavicencio, que de negocito no tiene nada, todos sabemos; una vía que es un espanto probablemente sea la vía que más peajes tiene en el mundo Ministra, entonces la prioridad no está en la vía sino en el negocito; entonces si la vía se demora cien años no importa porque ahí está –voy a decir una palabra

medio brusca–, porque ahí está la peta del negocio. Y así uno podría mirar las otras cosas, yo creo que eso es lo que es evidente.

Cuánto tiempo llevan reclamando los agricultores y los ganaderos de Casanare, de que es inaceptable que les destruyan las vías, las tractomulas del petróleo; es que aquí hay una cosa que es muy grave Senadores y colombianos, en la legislación que se ha montado en Colombia la minería pasa por encima de todo, todo lo demás se le tiene que arrodillar a la minería; con un agravante, que antes esas regalías del petróleo de alguna manera se quedaban en las regiones, ya no, ya se las embolsilló el Gobierno Nacional con el cuento ese de que les van a dar unos pesitos para los trípodes o no sé qué vainas, los Ocad es que se llaman.

Y acaba de aprobar el Congreso una ley que es increíble, yo no entiendo cómo los Senadores de Colombia votan una ley que le dio poder de veto al Presidente de la República sobre cómo se distribuye la plata de los Ocad, y lo denunció oportunamente, esa plata de las regalías se va a gastar fundamentalmente en obras de importancia nacional; abajo los proyectos chichigüeros dijo el Ministro de Hacienda de esos días, el doctor Echeverry. Y abajo claro los contratistas chichigüeros y los gobernadores chichigüeros y los alcaldes chichigüeros y todos los chichigüeros.

Ahora, qué es un proyecto chichigüero, lo he insistido mucho, como llama un magnate el proyecto muy importante de un pobre, y esto es lo que estamos evidenciando aquí y es lo que acaba de salir en un decreto del Gobierno Nacional. Entonces por ejemplo, el Gobierno Nacional le acaba de prohibir a los municipios que en sus planes de ordenamiento tomen decisiones sobre minería, o sea, el Gobierno Nacional maneja la minería como se le da la gana, la minería puede hacer los daños que pueda hacer, pero hay de que un concejo municipal intente decir, pero es que este es nuestro valle bello que queremos cuidar o nuestras aguas o bueno cualquier cosa, sobre eso no puede tomar decisiones el municipio.

Entonces yo a la conclusión que he llegado es, que aquí lo que tenemos es un problema que es mucho más grave de lo que parece; es decir, aquí hay un pleito entre el centralismo de los grandes poderes que funcionan desde Bogotá con los intereses de las regiones, ese es el pleito que hay aquí al final. O sea, me van a decir que esa vía de Villavicencio no se ha podido arreglar, no, no han querido arreglar, eso es otra cosa y no han querido arreglarla por qué porque hay otras prioridades por encima de la necesidad de la vía, incluido el negocito de la concesión que hay ahí en esos kilómetros. Esta es la triste historia de este asunto, aquí se habla mucho de descentralización pero al final aquí todo el mundo terminó convertido en un súbdito del Presidente de la República que es el que gira todos los cheques y el que al final toma todas las decisiones.

Fue lo mismo que vimos ayer con el famoso tren de los desvelados o no, entonces ese tren está haciendo casi una matanza entre Cesar y el Magdalena, eso ni lo informan los medios de comunicación, esos muertos nadie sabe, pero eso sí, la transnacional está haciendo el negocio del siglo que son los otros favorecidos en esto, y el Gobierno Nacional coge la platica y las regalías para hacerse reelegir. Y yo le llamo la atención a los colombianos, o sea, Bogotá no es solo el parque, Colombia no puede ser solo el parque de la 93, el Gobierno Nacional tiene que preocuparse por la suerte de las regiones.

Yo insisto, no hay plata para arreglar esa vía, ¿No hay?, cuánto han producido, cuánto están produciendo en esto, yo creo que con las regalías de un día arreglan esa vía, pero eso sí, tienen que ponerle orden y primero es la vía y después los negocitos.

Yo le hago un llamado muy cordial a todas las regiones a que pongamos los ojos sobre esto, este es un debate que hay que hacer en Colombia, es un debate que hay que hacer; cómo se relacionan el principado de Anapoima, en el principado de Anapoima cómo son las relaciones con las regiones, porque esto cada vez es menos la República de Colombia; cómo se relaciona con Boyacá, allá con Boavita, donde casi no logro llegar, Senador. Este es a mi juicio el debate que tenemos aquí, yo expreso mi solidaridad con los llaneros y llamo nuevamente Ministra al Gobierno Nacional, a que se resuelva este asunto, esto es un absurdo lo que está pasando y todos los días es peor y el asunto no se resuelve.

Con la venia de la Presidencia, la señora Ministra hace su intervención diciendo:

Gracias, como siempre Senadora Maritza Martínez, por sus debates y por estar muy pendiente siempre de su región, y además Senadores de la Comisión, Representantes, invitados que nos acompañan de esta región, también el Alcalde de Villavicencio y demás concejales y amigos de la comunidad del Meta.

Senador Robledo, al Gobierno sí le ha asistido y la Senadora Maritza es consciente de eso, que hay un interés en el tema del Meta; desde que me posesioné, yo creo que el primer debate lo tuvimos acá y me displicé con la Senadora y otra Representante del Meta, para mirar qué problemas tenía con esa carretera que usted dice sí es una carretera con grandes dificultades, además aumentada esta dificultad con el tema del petróleo, es un oleoducto rodante; eso lo sabemos, y que también heredamos una situación de la concesión la cual como aquí lo dijeron también, se le adicionaron recursos casi del 500% para completar ese medio tercio, 23 kilómetros que está construyendo esa concesión.

Y ha habido soluciones pero cada día es peor la situación como aquí lo ha denunciado la Senadora con un lujo de detalle y gran profundidad; como siempre le asiste la razón y de verdad que en esta

vez también no puedo decir que no tiene razón, sí tiene razón, tenemos muchos problemas de accidentalidad y hay muchos como usted lo dijo; hay una lista de más de 15 involucrados y de 15 responsables en este tema de seguridad en muchísimas entidades, no solo públicas sino privadas también, que tienen responsabilidad directa con eso y usted propone unas soluciones a corto plazo y unas soluciones a largo plazo.

Voy con las de largo plazo. Usted dice que hay una propuesta hace rato de Corficolombiana, una puesta de iniciativa privada ante la ANI, de un APP de iniciativa privada que lo rechazamos porque aquí también se dio un debate de que no se podía aumentar los peajes y que el costo de la misma que presentaron, daba para que el incremento de los peajes fuera del 80%, el Gobierno rechazó esa iniciativa por eso. Y ahora presentaron una que no tiene ese aumento y tiene unas consideraciones importantes sin aumentar el peaje y con un alcance que usted ha propuesto acá, se le viabilizó hace alrededor de creo que un mes, se viabilizó y ellos quedaron como apenas tienen que avanzar en los estudios pre, pidieron alrededor de 4 a 5 meses para ya presentarla formalmente pero está viabilizada de acuerdo con los requerimientos de la Agencia Nacional de Infraestructura.

En lo referente a la malla vial señor Alcalde y Senadora Maritza, esa iniciativa está viabilizada y de acuerdo al alcance que ustedes han propuesto les voy a leer cuáles son las variantes que están incluidas en la doble calzada. Entonces, en los corredores mencionados el estructurador del proyecto es el corredor Villavicencio–Arauca y la malla vial no. Se ha considerado técnicamente la construcción del anillo vial de Villavicencio y la construcción de la variante Cumaral, además del mejoramiento de los pasos urbanos en los municipios de Restrepo, Barranca de Upía, Puerto López, Puerto Gaitán, Acacías, Guamal, San Martín y Granada; cabe mencionar que la estructuración de estos proyectos adicionalmente contempla la construcción de la doble calzada Villavicencio–Cumaral, Villavicencio–Apiay y Villavicencio–Acacías; y el mejoramiento para ampliación de la sección a la Ley 105 de los tramos Cumaral–Barranca de Upía–Apiay–Puerto Gaitán–Puente Arimena y Acacías–Granada. Todas estas intervenciones que se traducirán en una mejora sustancial de la seguridad vial entre otros corredores.

Entonces eso está contemplado, me extraña es que los estructuradores no hayan ido a socializar, vamos a ponerle fecha una vez termine el debate señora Senadora, para ir y socializar este proyecto y también de una vez el de Corficolombiana que ha presentado de una vez, pongámosle fecha y yo estaré presente.

En el tema de corto plazo yo creo que acoyo la recomendación de ustedes de hacer una mesa técnica, pero que estén involucradas todas las entidades que conforman y que tienen responsabilidades que vengán, la comunidad que tenga un represen-

tante, usted, la Alcaldía la Gobernación, Ecopetrol, creo que la ANLA debe estar por el tema de medio ambiente y creo que la Agencia Nacional de Hidrocarburos también debe estar; el Ministro de Minas el Ministro de Medio Ambiente, yo creo que también los transportadores y las empresas privadas que también citaré y también pongamos fecha para esta reunión lo más pronto posible, me parece que eso se debe hacer.

En cuanto a las sugerencias del señor Alcalde sobre el tema de cambiar digamos el tráfico que sea por la noche, también sentémonos rápidamente con Coviandes que dio una solución, que dijo que podía ser una solución de emergencia para hacerlo rápidamente, eso puede ser la otra semana aquí en mi oficina antes de la mesa técnica; pero para hacer un plan de choque de emergencia como lo que él dice que se puede hacer, ustedes saben que cuando el Ministerio dice que se compromete, entonces podemos citar la otra semana aquí para que vengan ustedes y hacer eso con Coviandes a ver las necesidades que hay.

Concluamos. Las dos estructuraciones, entonces vamos, hace la socialización y poner ahora mismo la citación a esos estructuradores y a la ANI para que vaya y yo estaré presente; la mesa técnica también hacerla rápidamente para mirar entonces las soluciones pero con todos los involucrados y todos los responsables que usted tiene en el listado Senadora Maritza; y el tema de las medidas de choque con Coviandes sí hacerlas la otra semana, a más tardar el miércoles en mi oficina para definir qué es lo que vamos a hacer; ahí pueden traer un invitado de la comunidad, el Gobernador, el Alcalde y usted Senadora, lo podemos hacer en mi oficina con Coviandes y la ANI.

Yo creo que no tengo nada que agregar, sino de verdad pedirles nuevamente excusas por todos estos tropezones, sé que yo he estado visitando la vía, he ido con el General Mena, el General Mena permanentemente está en la vía. Si hay que intensificar ahí la Policía de carreteras, la vamos a intensificar rápidamente. Señor General, usted ahora mirará lo que hemos venido hablando, sobre todo mirar también cómo podemos aceptar la invitación que nos hace el señor alcalde de cambiar el tráfico y los horarios, me parece que se puede mirar ese tema, obviamente también con los transportadores de carga y también tienen algo que decir, pero socialicemos eso que yo creo que puede ser una buena solución para disminuir y prevenir la accidentalidad que es preocupante en esa vía.

– Seguidamente la Presidencia otorga el uso de la palabra al doctor Jaime Bocanegra, Vicepresidente de Transporte y Logística de Ecopetrol, diciendo en su intervención:

Me corresponde revisar unas cifras y unos temas con respecto a la seguridad vial en las rutas que atraviesan el departamento del Meta. Es importante señalar que hemos estado nosotros como Ecopetrol, trabajando a través de nuestras 14 compañías contratistas de carro tanques en la imple-

mentación de diferentes campañas, de diferentes actividades que permitan disminuir la accidentalidad de estos vehículos en las diferentes rutas.

Es importante señalar que hemos tenido en promedio para el año 2013, del orden de 2.625 vehículos transitando por todo el país, son rutas nacionales, hemos hecho una revisión de las diferentes rutas y hemos encontrado, como en efecto era de esperarse, que se han disminuido los despachos de combustible de diluyente de nafta por cuanto entró en servicio el Poliducto Andino que conecta con el Poliducto de Oriente, que trae la nafta desde Barrancabermeja hacia el interior del país; por lo tanto las rutas que nosotros teníamos establecidas entre el departamento de Cundinamarca y el departamento del Meta han disminuido, toda vez que nosotros llegamos por vía tubería hasta Castilla y de Castilla hacia Rubiales, se siguen haciendo rutas circulares por carro tanque.

Qué hemos hecho nosotros en materia de seguridad vial para el transporte por carretera de estos hidrocarburos, nosotros hemos ido depurando nuestros contratos de manera tal que cada vez incluimos mayores exigencias que permitan trabajar y que permitan mejorar la seguridad vial; entre esas tenemos por ejemplo, exigimos que las compañías tienen que tener políticas claras de prevención en el consumo de alcohol y drogas, debe certificar las competencias de todos los conductores que están empleados en el transporte, se debe hacer un examen de aptitud médica de ingreso, debe hacerse una revisión médica periódica, y a su vez una evaluación de retiro cuando los conductores se retiran de las compañías.

Igualmente estas compañías deben diseñar e implementar políticas de seguridad vial las cuales nosotros hacemos seguimiento, revisamos y evaluamos de manera periódica con estas compañías. También deben tener unos programas de capacitación para los conductores, básicamente en la ejecución de procesos críticos, que la compañía ha definido como críticos; igualmente, dictar cursos de manejo defensivo y manejo de sustancias peligrosas para todos los conductores; es indispensable que todos los conductores cumplan con estos requisitos y por esta razón mínimo una vez al año el conductor debe estar actualizado en estas políticas señaladas anteriormente.

En cuanto al tema estadístico de la accidentalidad por vehículos que transportan hidrocarburos bajo responsabilidad de Ecopetrol, aquí cabe anotar, y es muy importante recalcar una diferenciación entre los diferentes vehículos que transportan hidrocarburos por el departamento del Meta y por diferentes departamentos del País, especialmente por la zona del llano. Nosotros como Ecopetrol, tenemos 14 compañías contratadas que nos prestan sus servicios y las cuales deben cumplir con todos los requisitos que nosotros tenemos establecidos, estas compañías recogen los petróleos que se producen en determinados campos y los llevan hasta nuestras estaciones para montarlos en los tubos,

pero también existen otras compañías que tienen transporte de hidrocarburos que no están bajo digamos los contratos de Ecopetrol, razón por la cual no todos los vehículos que se accidentan están por cuenta de Ecopetrol.

Es importante señalar, como por ejemplo en el departamento de Cundinamarca hemos ido cubriendo una brecha en cuanto a la accidentabilidad, al punto que en el año 2012 tuvimos 9 accidentes y en este año llevamos 3 accidentes de estos vehículos. Es importante recalcar que en algunos casos se presentan accidentes por sobre pasos e invasión de vía que afectan obviamente el transitar de estos vehículos y se encuentran accidentes fuertes inclusive con fatalidades que pudieran generar toda esta imagen, que pareciera que todos los vehículos son los que están dentro de la misma tónica de accidentalidad; y es importante señalar, porque es que nosotros tenemos unos planes que exigimos, los cuales nos permiten tener seguridad de que nuestros vehículos están comportándose en la ruta y tenemos cómo mostrarlo, a través de unas cosas que ahorita más adelante vamos a ver.

En el Meta en lo que va corrido de este año, tenemos dos accidentes de vehículos contratados por Ecopetrol en lo que va corrido del año 2013, en el año 2012 finalizamos con 12 vehículos accidentados. Qué medidas hemos tomado nosotros para evitar o reducir la accidentabilidad de los vehículos de transporte de hidrocarburos; nosotros primero especializamos en Ecopetrol el manejo de los carro tanques, lo vemos como una necesidad para que las personas que están encargadas de este manejo tengan toda la pericia todo el conocimiento y la experticia para hacer una buena interventoría de los contratos y hacer una buena construcción de pliegos que nos permitan asegurar que estamos exigiendo las mejores condiciones para evitar que haya accidentalidad; temas como esos que podemos compartir en la mesa técnica y estamos prestos a asistir, nos parece que es muy importante que esta mesa se dé.

Y qué hemos desarrollado, nosotros tenemos unas exigencias contractuales que comparamos con la norma o la reglamentación, por ejemplo en el programa de mantenimiento preventivo de las tracto mulas, la norma no define qué tanto tiempo debe hacerse o con qué periodicidad, nosotros exigimos que eso sea permanente y le hacemos seguimiento mediante nuestras interventorías a cada uno de los vehículos, o sea del cabezote y de los remolques de los carro tanques, de que se le está haciendo el mantenimiento adecuado.

Dentro de las revisiones que hacemos también está la revisión de la quinta rueda, se hace una prueba de luz negra para encontrar cualquier tipo de falla de fisura que generaría un accidente cuando esté en tránsito; nosotros hacemos esta revisión cada cuatro meses, por norma está exigido que se debe hacer una vez al año, nosotros lo exigimos cada cuatro meses. La revisión tecno mecánica por norma está que debe hacerse una vez al año, noso-

tros la exigimos cada seis meses, todos los vehículos deben contar con un kit de derrames, es un kit para atención digamos primaria ante cualquier eventualidad; no existe una exigencia por norma en el País, nosotros le hacemos una revisión mensual a ese kit.

Dentro de las cosas que de pronto considero yo más importantes para que tengamos un control de los vehículos, está una central de tráfico que tenemos nosotros en Bogotá que opera 24 horas al día 7 días a la semana; esta central recibe el reporte de todos los vehículos contratados por Ecopetrol en tiempo real, cada dos minutos está recibiendo esa central la actualización de en dónde anda cada uno de estos vehículos, esto lo hacemos mediante GPS que están conectados en los vehículos y nos permite identificar cualquier incidente, cualquier exceso de velocidad, dónde están los vehículos, si se están parando en donde no deben pararse.

Nosotros tenemos unas prohibiciones en cuanto a accesos a ciertos sitios y con eso podemos identificar si los vehículos están entrando o no a esos sitios que están prohibidos. Igualmente a través de esta central de tráfico se coordina la logística de los carro tanques y es la que activa el primer nivel de planes de emergencia y contingencia; esto como les decía, se hace un seguimiento a través de GPS, en donde no hay cobertura de señal de celular, se hace vía comunicación satelital, ya el control no es cada dos minutos sino cada diez minutos.

Igualmente contamos con puntos de control fijos, esos puntos de control son 24 horas 7 días a la semana, tenemos dos personas por turno en cada uno de estos puntos fijos y de estos puntos contamos con 17 en todo el País; estos están ubicados en todo el País en sitios estratégicos, son unos puntos que nos permiten analizar el riesgo de las vías y qué volumen de tráfico tenemos en esa vías; están ubicados de tal manera que no interrumpen el tránsito normal de la vía, se hacen en coordinación con la Policía de carreteras y qué es lo que hacen, allí se hace la revisión de la documentación de viaje, se hace una pausa en la marcha para que los conductores bajen, hagan algún tipo de actividad, de pausa activa, se les informa cómo está la ruta hacia adelante, se verifica al vehículo. Básicamente qué se le hace a la inspección, se revisan las llantas, se revisa cómo está la temperatura de las mismas porque eso puede afectar el sistema de freno y se reporta esta actividad en planillas para hacer el control respectivo.

En la zona del llano tenemos puntos en Chipaque, la Santandereana, Pipiral, Apiay, Kioscos, en el Oasis, la Orquídea y Santa Cecilia; estos puntos son puntos permanentes en donde todas las tracto mulas que están al servicio de Ecopetrol deben parar y hacer esa verificación. También tenemos unos puntos de control móviles, estos se desplazan por rutas de mayor tráfico y riesgo, se usan vehículos camionetas, equipadas para atención primaria de emergencias, se hace control de carro tanques en marcha, se les hace revisión de velocidad, se

observan comportamientos de los conductores; básicamente nosotros tenemos prohibición a los conductores que trabajan con nosotros de llevar acompañante en la cabina, y se hace verificación de que estén cumpliendo con esa prohibición, igualmente que no estén hablando por celular, que no estén detenidos en sitios no autorizados y que no hagan uso de parqueaderos no autorizados; nosotros tenemos unos parqueaderos autorizados en sitios en donde no deben generar ningún tipo de incomodidad a las ciudades o a los sitios a donde llegan.

Igualmente contamos con dos compañías que son unas empresas de apoyo, para el tema de atención primaria a las emergencias; la Compañía SOS Contingencias y la compañía Hidrospill; estas compañías cuentan con bases de contingencias, básicamente en los llanos tenemos bases tipo I las tenemos en Paz de Ariporo en Yopal en Chipaque en Pipiral en Puerto Gaitán, Barranca de Upía, Monterrey y el anillo de Villavicencio; son 15 bases en todo el País, están ubicadas en los sitios donde mayor volumen de tránsito tenemos y están disponibles 24 horas al día 7 días a la semana y tienen la capacidad para hacer la atención primaria de las emergencias y contingencias; cuenta con una serie de equipos, un supervisor, 4 brigadistas, camionetas, motobombas, barreras, tanques de telas oleofílicas, plástico, y una serie de equipos que se necesitarían en caso de una emergencia. Nosotros hacemos seguimiento a estas bases porque cada vez que se requiere usar, que se le recupere los elementos que fueron usados, de tal manera que estén permanentemente listas para atender cualquier emergencia.

En planes de prevención, nosotros realizamos a nivel nacional una serie de actividades que nos permiten mantener a los conductores en un nivel de capacitación y entrenamiento que nos aseguran que se disminuya la accidentalidad. Qué actividades desarrollamos aquí, hacemos un entrenamiento en buenas prácticas en HSE, se hace capacitación por competencias para conductores, esto lo estamos haciendo con el Sena para que los conductores estén certificados por el Sena, también se hace desarrollo de motivación, el trabajo de los conductores es un trabajo bastante pesado, razón por la cual también requiere que se le esté dando permanentemente motivación y actividades alternas; se hace capacitación en seguridad vial basada en valores y comportamientos, tenemos algo que se llama el caballero de la vía, es algo que a ellos se les está desarrollando competencias de buen conductor y de respeto por las personas que están en la vía junto con ellos.

Se hace realización de simulacros, se hace una cuestión que se llama evaluación de rutas, y es que enviamos vehículos por las rutas que se transitan y se van actualizando cómo se encuentran esas rutas para que el conductor esté informado de qué se va a encontrar en el camino; hacemos las inspeccio-

nes a las empresas de apoyo y periódicamente nos reunimos con las diferentes compañías para hacer la divulgación de los resultados obtenidos.

Quiero detenerme un poco en uno de estos puntos que es la evaluación de las rutas y lo que hacemos es, desarrollamos una tarjeta en las cuales se identifican los factores de riesgo potenciales que pueden causar accidentes en las rutas en donde operan los carro tanques al servicio de Ecopetrol, estas rutas se actualizan periódicamente y como resultado de esto, tenemos 72 rutas a nivel nacional que lo que nos hace es decir cuál es la ruta, qué peaje se encuentra, si hay rutas alternas cuáles serían, cuáles son los límites de velocidad que van a encontrar en los diferentes trayectos, cuáles son los principales puntos críticos en la ruta, de tal manera que él sepa que debe disminuir velocidad, que va a encontrar una bajada con una pendiente demasiado fuerte, o sea, le va avisando al conductor qué va a encontrar y todo lo indispensable para que él tenga un buen trayecto en su ruta.

Estas actividades que nosotros desarrollamos nos han permitido disminuir la accidentalidad en los años últimos; en el 2009 por ejemplo en el departamento del Meta tuvimos 47 accidentes en la vía, el año 2012 lo concluimos con 12 accidentes; es decir, este trabajo que estamos desarrollando nos ha permitido disminuir la tasa de accidentalidad en las rutas que maneja Ecopetrol. Aquí es importante señalar que hay muchos vehículos que no están cumpliendo con todo esto porque no están contratados por Ecopetrol, pero estamos listos y prestos para prestar toda la asesoría que sea porque hemos desarrollado muchas cosas que pueden servir para que sean implementadas a nivel nacional.

-Continuando con el debate, interviene a su turno el General Carlos Ramiro Mena Bravo, Director de Tránsito y Transporte de la Policía, quien expresa:

Realmente celebramos este tipo de preocupaciones que tienen en esta Comisión, y qué bueno cuando se analiza las corresponsabilidades de todas las instituciones tanto del Estado como las privadas, frente a la accidentalidad especialmente en lo que tiene que ver con hidrocarburos.

Decirles a todos los aquí presentes, que he traído una estadística que es el compendio de diferentes bases de datos; por un lado la base de datos Sideco, que es el sistema donde se registran todos los delitos y contravenciones y que los lleva la Dijin de la Policía Nacional; allí precisamente tiene un módulo especial para la seguridad vial, es decir, todos los accidentes con solamente daños materiales, lesionados o muertes que se pueden presentar; de igual manera un cruce con el Instituto de Medicina Legal y con el SPOA (*Sistema Penal Oral Acusatorio*) de la Fiscalía General de la Nación.

Éste es el compendio entonces que me permito presentar (gráficas), y con estas estadísticas trataré de dar respuesta al cuestionario que se nos ha enviado a la Policía Nacional en particular a esta especialidad. Frente a la accidentalidad nacional,

éste es el histórico de los últimos seis años en accidentes, en muertes, en lesionados; y si comparamos solamente las cifras que llevamos de manera general en todo el territorio colombiano en accidentes en muertes y en lesionados, tenemos importantes disminuciones con el 19% en accidentes, 12% en muertes y 16% en lesionados.

Y vamos desglosando específicamente en los departamentos de interés en esta audiencia, y vemos cómo en los últimos seis años Cundinamarca ha ido disminuyendo al igual que el Meta, contrario a Casanare en donde tenemos una inmensa preocupación de la accidentalidad y donde está en aumento. Arauca también viene en disminución, pero cuando nos centramos específicamente en lo que tiene que ver con la accidentalidad nacional frente a los vehículos transportadores de carga, para luego ir a los de hidrocarburos, vemos que en el año 2012 en el transporte de carga se presentaron 1.873 accidentes, de los cuales 33 fueron o tuvieron relación vehículos transportadores de hidrocarburos, es decir, el 2% de la accidentalidad nacional.

En lo que llevamos corrido de este año, como lo manifestaba la honorable Senadora citante Maritza Martínez, se han incrementado ostensiblemente en lo que lleva corrido de este año frente a la accidentalidad nacional que fueron 650, pues 41 accidentes en carreteras nacionales han sido con el transporte de hidrocarburos, esto representa el 6% de la accidentalidad nacional.

De igual manera vemos en la gráfica, en la torta, de cómo están indicando los departamentos donde han tenido incidencias o accidentes, y observamos que el departamento del Meta en sus carreteras nacionales se han presentado 15 accidentes con vehículos transportadores de hidrocarburos, seguido por el Putumayo con 8 y los departamentos que se muestran en la ayuda. Pero cuando miramos nosotros, y que es una de las preguntas y que debe ser objeto de análisis de todos los responsables y coreponsables de la accidentalidad, es analizar un poco cuáles son las causas principales de esta accidentalidad; y cuando observamos que dentro de las causas que se presentan y que de manera general tiene que ver el comportamiento humano, equipos y vehículos y la infraestructura vial, observamos que el 100% de los accidentes que se han presentado especialmente en los cuatro departamentos de interés, son por el comportamiento humano, es decir por fallas humanas, que no se han cumplido con los parámetros en seguridad vial y que me permito presentar las seis principales causas.

El primero, el exceso de velocidad. En el 2012 se presentaron 7 casos de accidentes cuya causa principal fue el exceso de velocidad, en el 2013 y que todavía se tiene como hipótesis en accidentes presentados porque están en el curso de la investigación, se ha presentado el 21% relacionado con esta causa. La segunda causa, la invasión de carril, ya el antecesor en el uso de la palabra el representante de Ecopetrol hablaba de esta causa de accidentalidad, pues decirles que en el 2011,

9 casos y 2012, 6 casos fueron precisamente por invasión de carril, y en lo que va corrido de este año, el 6%. Las fallas técnico mecánicas de igual manera, no mantener distancia en la seguridad, tenemos que en el 2011 se presentaron 10 casos, es decir, no observar las normas de tránsito por parte de los conductores. Y miren una de las causas que debería preocupar enormemente a todos, es que hemos encontrado que en varios accidentes, conductores iban en estado de embriaguez, conductores de transporte de hidrocarburos en estado de embriaguez.

Obviamente otra de las causas que también debe ser de análisis, es el exceso en horas de conducción de los conductores; hablábamos antes de iniciar esta sesión con algunos de los aquí presentes, y me comentaban que varios conductores por no decir la inmensa mayoría, están entre 10 y 12 horas en alerta, es decir 12 horas en conducción, y en esas 12 horas actividades de alerta.

Cuando miramos nosotros las estadísticas internacionales especialmente, y las circunstancias de conducción de máxima responsabilidad como son el transporte de pasajeros a nivel masivo y el transporte de elementos de peligrosidad como son los hidrocarburos o la nafta, pues no debe pasar de 4 horas la conducción de estos señores conductores; aquí estamos hablando de 12 horas, obviamente si esto lo sumamos al consumo un poco exagerado de alimentos de los señores conductores y a otras actividades cuando están en una vía tan congestionada con gran flujo vehicular, obviamente que lo más seguro es que tengan un accidente.

De igual manera nosotros hemos semaforizado cuáles son los tramos viales especialmente en el oriente colombiano, en el suroriente colombiano donde mayormente se han presentado accidentes, y observamos que en el departamento del Meta, en el tramo vial de Villavicencio-Barranca de Upía se han presentado 3 accidentes en lo que lleva corrido de este año; en Puerto López a Puerto Gaitán, 2 accidentes; en el tramo vial Villavicencio-Cumaral, 3 accidentes; Villavicencio-Puerto López, 4 accidentes, y luego siguen en el Putumayo y otros departamentos que van con el color amarillo dentro de la semaforización de accidentalidad.

Si hablamos de las víctimas, en estos accidentes de tránsito en vehículos de hidrocarburos también son cifras preocupantes y son cifras que tiene que ponernos a pensar también a todos; en lo que lleva corrido este año en el 2013 llevamos 20 muertes en accidentes de tránsito en el sector de hidrocarburos y 45 lesionados, varios de ellos de gravedad, con secuelas graves de accidentalidad. Enmarcamos cuáles son los tres departamentos especialmente de los llanos orientales donde se han presentado estas víctimas en este año.

Miramos también en lo que es objeto de análisis, la vía Bogotá-Villavicencio, de manera general, cuál es la accidentalidad en los últimos cinco años, en el histórico de los últimos cinco años, y observamos que ha habido un aumento en el 2011

con 177 muertes en accidentes de tránsito con 31 accidentes y 79 lesionados; en el 2013 vemos que llevamos 37 accidentes, 7 muertes y 48 lesionados en esa vía. Y los vehículos, porque no solamente son los que transportan hidrocarburos sino también prácticamente todos los vehículos existentes que van desde motocicleta pasando por busetas, buses, tracto camiones, microbuses, es decir, todo tipo de vehículos hemos tenido accidentes.

Pero yendo un poco más allá del cuestionario que nos han presentado, voy a dar algunos datos que coinciden con los que ha presentado la honorable Senadora Maritza Martínez, de cómo ha sido el aumento en el parque automotor general. Si hablamos de los últimos 10 años observamos que en el 2003 el parque automotor en Colombia estaba alrededor de 3.500.000 vehículos; actualmente, de acuerdo a las estadísticas del RUNT, los vehículos registrados en Colombia, estamos hablando de cerca de 8.500.000 vehículos, pues el aumento del parque es inmenso, pero también cuando miramos los vehículos que están destinados a carga, y en este caso a hidrocarburos, también vemos que es un alto número y aquí tenemos una división, dos tipos de vehículos que transportan hidrocarburos; uno, que es el que está catalogado como el vehículo no automotor, es decir el trailer o el tanque como corresponde, y los vehículos de acuerdo al número de ejes que se tienen.

Tenemos nosotros la aplicación de la norma porque sabemos del tiempo, la aplicación de la norma lo que hemos hecho nosotros, pero quisiera ir un poco más allá, que son las sugerencias de manera respetuosa que nos permitimos presentar en el día de hoy. Por qué no estudiar que en el transporte de carga y específicamente en el sector de hidrocarburos exista una especie de tarjeta de operación así como tienen los vehículos de transporte de pasajeros, para verificar si el vehículo está en condiciones, si está registrado, si está en el cumplimiento de la norma o no; aquí obviamente están las empresas transportadoras como lo tienen el transporte de pasajeros, pero ojalá tuviera esa especie de tarjeta de operaciones de manera individual por cada vehículo.

La revisión técnico mecánica que se hablaba hace un momento, pero también esa revisión técnico mecánica ojalá que fuera hacia el vehículo no automotor, es decir hacia el tráiler, porque la revisión técnico mecánica es solamente por decirlo de alguna manera, es el cabezote, pero al trailer no y resulta que en las condiciones que muchos vehículos transportan los hidrocarburos, no son las mejores; ojalá entonces esa revisión técnico mecánica se pudiera exigir, por norma fueran a los vehículos no automotores.

La idoneidad de los conductores, mucha gente cree que la licencia es la que conduce, muchos pueden tener la licencia pero cuando van a conducir un vehículo especializado como es éste, vemos que la idoneidad no es la suficiente. La instalación de GPS, pero no solamente a las empresas que

contrata Ecopetrol sino todas. Como recomendación especial, ojalá se utilizara el tacógrafo, que es el elemento técnico por el cual se hace la trazabilidad de todo lo que realiza el vehículo en un viaje.

Para terminar, el General Mena solicita a la Presidencia, se le permita la emisión de un video de un minuto, alusivo a su exposición. La Presidencia acoge la solicitud y se hace la presentación del video mencionado.

-Seguidamente solicita el uso de la palabra el Senador Jorge Enrique Robledo Castillo, y una vez concedida, anota:

Es una cosa brevísima que tiene que ver con una señora que me abordó ahora, muy querida y muy preocupada porque ella es de Cáqueza, un pueblo bellissimo que queda aquí a la salida de Bogotá hacia Villavicencio, esa es una población que vive el negocio de la fritanga, digamos de los comestibles populares de tan buena calidad Senadora Maritza, que les cuento que hay hasta dietética o sea que no hay que preocuparse por la silueta ni por nada de esas cosas; pero el punto es que es un municipio muy respetable, esa es su actividad económica y la vía los está arruinando señora Ministra, porque resulta que en los desesperos de esa especie de caos que hay ahí, la vía la cierran en días claves para Cáqueza, la cierran y solo queda de subida y resulta que Cáqueza en buena medida vive de una cosa que se llama el piquete caqueceño, que tiene que ver con que la gente de Bogotá va los días de fiesta o los fines de semana a Cáqueza y se come pues unas papas criollas y estas cosas deliciosas que venden allí, y se están arruinando.

Simplemente lo cuento pues para ponerle un poco como de que se entienda que esto es con gente de carne y hueso, sufriendo ante el hecho de que esa vía se cierra; y pedirle señora Ministra, a ver qué solución le pueda encontrar para que esos habitantes de Colombia tengan algún tipo de solución.

-Para dar cierre al debate, interviene la Senadora Maritza Martínez Aristizábal y menciona:

Senador Robledo, recuerda que en el debate anterior que hicimos, a la vía se mencionó acá que estaba concesionado también la morcilla y el piquete porque ahora es casi imposible acceder a estos sitios porque han ido tapando todas las derivaciones de la vía.

Ministra mil gracias, a todos los funcionarios, a todas las autoridades, concejales, líderes comunales, periodistas, a todos los que hicieron el esfuerzo de trasladarse desde el Meta y otras zonas del llano, mil gracias. Yo sé que de acá salen soluciones, lo tengo claro porque en los dos debates anteriores han salido inmediatamente soluciones, y ya hoy la Ministra nos ha dado la fecha y todo para una reunión donde se va a hacer un análisis con Coviandes para el uso del túnel para los vehículos de carga pesada que están pidiendo en la Comuna Uno y en el Corregimiento Dos.

Otra acción concreta que me deja muy satisfecha es la instalación de la mesa técnica Ministra, es que usted también se tiene que descargar un poco, son nueve autoridades, nueve actores que deben estar cada uno poniendo su granito de arena.

La socialización de los proyectos que están siendo estructurados por la ANI y Fonade, eso también es muy importante porque nosotros teníamos la idea que ya se va a coger la propuesta de APP presentada por Odinsa y creemos que está un poco incompleta; entonces si lo que usted dice es que con esa otra estructuración se puede mejorar eso, tiene que ocurrir y así vamos a poder tener las variantes que tan urgentemente se necesitan en Acacias, en Cumaral, en Puerto López, Puerto Gaitán.

Pero además vamos a poder resolver temas de puentes que acá han insistido mucho y además con razón; hay varios puentes a punto de colapsar, cada que voy a Casanare me preocupó mucho cuando cruzo el puente sobre el río Guacavía en Cumaral y el puente sobre el río Upía, entre Barranca de Upía y Villanueva Casanare; no estaban preparados para esta carga que reciben ahora y también por efecto de la ola invernal se han venido deteriorando y realmente da bastante susto porque en cualquier momento siente uno que pueden colapsar, sería muy bueno incluso a través de la Unidad de Gestión de Riesgo, ver qué inversiones se pueden hacer ahí para reforzar mientras se construyen unos nuevos puentes.

Lo dicho acá, ustedes oyeron a la comunidad que de manera espontánea preparó su intervención y la presentó acá, ya hay un sentimiento de animadversión y de hostilidad hacia la industria petrolera porque no se ganan a las comunidades, creen que pueden atropellar, y digamos que en materia ambiental la ANLA no colabora mucho, venimos insistiendo durante tres meses, Gobernador, alcaldes, Juntas de Acción Comunal, toda la dirigencia comunal, política y social del departamento, pidiendo una audiencia pública de la ANLA para analizar un tema de un acueducto, no ha sido posible, eso es realmente tiempo perdido. Ayer recibí respuesta donde me dicen que sí, que ellos han recibido eso pero que ellos todavía no han evaluado si es importante hacerla o no; que craso error el que comenten desconociendo estas comunidades que son finalmente donde se produce este petróleo.

La animadversión por temas ambientales, por temas de deterioro vial, por temas sociales, económicos, por falta de oportunidades en el tema laboral, en el tema empresarial; venimos tratando de que la ANH asuma el liderazgo de todos estos temas y no haya más choques, protestas entre las comunidades de las zonas de influencia de la producción y las empresas.

Lo que decía el General Mena lo quiero resaltar, el General ha mostrado acá con cifras que el crecimiento de la accidentalidad causada con ocasión de la industria petrolera ha sido de más del ciento por ciento, me dijo General que no alcanzó hacer la presentación pero se ha incrementado en más de un ciento por ciento en estos departamen-

tos productores, mientras que en el resto del País está disminuyendo la accidentalidad. Entonces realmente tenemos ahí un problema grave al que vale la pena meterle mano, y lástima que el doctor Andrade no esté, porque lo cierto de todo esto es que hemos hablado de estructuraciones, llevamos 2 años haciéndolo, hablamos de proyectos, de la contratación de los estudios, pero lo cierto es que en ningún departamento de la Orinoquia y menos en estos productores, se está adelantando un solo proyecto vial de envergadura, ni uno solo, a diferencia de otras regiones del país, donde ya se ha logrado avanzar en la contratación, acá ni siquiera todavía hemos logrado comenzar esa etapa; entonces que bueno llamar la atención sobre eso.

-Finalizado el debate, la Senadora Nora García Burgos, Presidenta de la Comisión, felicita a la Senadora Maritza Martínez citante del mismo, añade:

Creo que las cosas quedaron claras, la Ministra se lleva todas las inquietudes y aquí estará la Comisión Quinta para seguirlos apoyando y respaldando, muchísimas gracias a todos ustedes por la compañía. A los Senadores de la Comisión, el Ministro de Agricultura, el Viceministro y la doctora Teresita, seguimos con ustedes trabajando en la aprobación de nuestros proyectos.

-Continuando con el orden del día, la Presidencia ofrece el uso de la palabra al Senador Juan Córdoba, ponente del Proyecto de ley número 189 de 2012 Senado, 139 de 2011 Cámara, por la cual se crea el sistema nacional de identificación, información y trazabilidad animal, quien interviene diciendo:

Primero que todo quiero presentar un saludo muy cálido, muy fraterno, un saludo de bienvenida a nuestro Ministro de Agricultura, paisano y excelente amigo, doctor Francisco Estupiñán, de verdad que estamos muy complacidos los boyacenses, estamos de pláceme, bueno y todo el país y todo el sector.

Este proyecto tiene como propósito crear el Sistema Nacional de identificación, información y trazabilidad animal. En el día de ayer se había aplazado su estudio para darse esta mañana, para analizarse, y luego de eso ya tenemos una claridad respecto de lo que significa el proyecto. Ayer hablamos de las definiciones de trazabilidad, hablamos de los instrumentos, los propósitos, los beneficios, las oportunidades, los antecedentes; hablamos de los instrumentos que nos preveía, hablamos de unas normas anteriores, hablamos de las ventajas generales de la trazabilidad, hablamos de las ventajas a las autoridades sanitarias, para los consumidores, para las empresas.

Hablamos también de unas ventajas adicionales en el comercio internacional, es decir, son una infinidad de beneficios que tiene este proyecto respecto de la sanidad animal, el control sanitario, la seguridad sanitaria de los alimentos el mejoramiento genético que es una de las expectativas grandes que tiene también la ganadería en Colombia, el control

del contrabando, el control del abigeato, y las posibilidades claras frente al comercio internacional, para poder ser competitivos; necesariamente, sino iniciamos este procedimiento, entonces habrá dificultades.

Ayer hubo una gran cantidad de inquietudes y yo quiero absolver esas inquietudes ahora que tenemos la oportunidad. Primero, se habló de la financiación, usted sugería señora Presidenta, y era el tema de la financiación de este sistema y está establecido claramente en el artículo 9º, que la financiación se hará con recursos del presupuesto nacional, con donaciones, con aportes, con recursos de crédito.

Aquí creo que había una sugerencia muy valiosa, muy importante del doctor Héctor Alfonso, en el sentido de que si los ganaderos tendrían algún gravamen, por esta identificación de sus animales, y creo que me parece que es válida la pregunta que decía esta mañana el doctor Alfonso, y es decirle que no hay ningún gravamen y que no tiene ningún valor para los ganaderos esta identificación, esta información, esta trazabilidad animal; entonces quería dejar eso doctor Alfonso para que hubiera tranquilidad, le sugería tal vez que lo incluyéramos como un artículo de la ley, ya entonces leemos la proposición doctor Alfonso, pero quería darle claridad respecto de la financiación; los ganaderos no tienen que hacer ningún aporte, quedará con recursos de la Nación, repito, con las fuentes que ya he enunciado.

Hablamos también de la gradualidad, ayer también había un afán respecto de la gradualidad, y en ese aspecto se va a iniciar por la zona de frontera por varias razones, por los problemas sanitarios con animales de los países vecinos, por el problema del contrabando también, y por el problema también del abigeato entre otras-, no doctora Teresita, es entonces yo creo que superar un poco la obligatoriedad, la obligatoriedad también que quiere decir que si es obligatorio o no, el afán de la obligatoriedad era que hubiese algún gravamen, algún valor por esa identificación de los animales, pero ya hay una claridad absoluta que no tiene que pagar nada, así es de que la obligatoriedad en la zona de frontera deberá darse, porque el propósito fundamental es la sanidad animal, entonces si unos, si se les hace la identificación ya otros no, cómo se controlan problemas por ejemplo como la aftosa o tantas epidemias que hay, entonces necesariamente en zonas de frontera habrá obligatoriedad y a esto también se refiere la gradualidad, repito los costos para el ganadero están superados.

Otros sistemas y no subsistemas. Este proyecto tienen un propósito puntual, es centralizar todo en un sistema, ya la Ley 914 establecía el Sinigan, el Sistema de Calificación de Animales Bovinos y Bufalinos, hoy sí que es receptivo a las demás especies agropecuarias; por eso aquí hay un término que hemos cambiado, que es el término del subsistema, porque no es el sólo sistema Sinigan y los

demás, es decir los bovinos, los ovinos, los caprinos, los porcinos, los equinos, ellos no son subsistema, son también sistemas autónomos; así es de que hemos superado ese término de subsistemas por demás sistemas. No sé si me hago entender en ese comentario, que hemos quitado esa palabra y que hemos dejado solamente.

Ayer hacíamos unos comentarios importantes sobre los TLC, y había algún afán porque se aumentaría el valor para los ganaderos si se hace esta identificación; pero ya está superado repito, el que no hay que pagar por esta identificación; tenemos por el contrario que enfrentar a esos mercados internacionales, tenemos que ser competitivos, porque hoy tenemos, como decía esta mañana en el desayuno, tenemos que enfrentar seguramente el mercado de los coreanos, de los americanos, de los europeos, todos los TLC tenemos que enfrentarlos y la única manera de enfrentarlos es siendo competitivos y teniendo esta garantía en la sanidad para poder exportarlo. Así es de que yo creo que queda eso superado.

Otra pregunta tal vez que hacía el doctor Luís Emilio, es respecto de los equinos, si se consolidara carne equina. Aquí el tema respecto a los equinos es probable que si se consuma, y todos casi que sabemos que sí, pero aquí el concepto es solamente por la sanidad animal, por evitar esos problemas o mejor mantener la inocuidad.

Los incentivos. La doctora Maritza ahorita me preguntaba respecto a los incentivos, también están incluidos en el párrafo 1º del artículo 9º, y habla de los incentivos y dice: "El Gobierno Nacional a través de la Comisión Nacional de Crédito Agropecuario, establecerá líneas de crédito blando, las cuales contarán con el apoyo del Incentivo a la Capitalización Rural (ICR), y del Fondo Agropecuario de Garantías (FAG)". Así es que ese sería el incentivo importante.

Respecto de lo que en el pasado pagaban, quiero contarles que hoy ya los ganaderos no tienen que pagarle la chapeta, ni la postura de la chapeta, ni de los bonos de venta, ni la guía del transporte, en realidad es un enorme beneficio que se da a estos ganaderos. Y un mensaje que me parece muy importante; hoy en Colombia, luego de la Ley 914 de 2004, solamente se ha censado el 3% de la población ganadera, hay 24 millones de cabezas de ganado calculados en el país, solamente se han censado o se han identificado 675 mil cabezas de ganado, así es de que con estos recursos que hoy le gira para esta vigencia el gobierno o el Ministerio de Hacienda al ICA particularmente para que sea el que haga esta identificación, 20 mil millones de pesos para este año, seguramente yo calculo que al término del año habrán por ahí un 5% de animales identificados en todo el país; así es de que tenemos mucho tiempo y por eso tenemos que avanzar con eso.

Tengo un afán importante y por eso también nos hemos quedado y hemos pedido que los colegas se

quedaran para el debate en este proyecto, porque este proyecto se presentó en el primer semestre del año pasado, es decir que esta es la segunda legislación del segundo período; si no aprobamos este proyecto ahora, necesariamente tendrá que archivar y sería una lástima enorme. Imagínese para estos ganaderos, para el país, para las exportaciones, para toda esa cantidad de beneficios que genera este importante proyectos; así es que la idea es pedirle a todos los colegas que aprobemos ese importantísimo proyecto, están los recursos, están las posibilidades, los ganaderos seguramente nos están mirando hoy, a ver si esa Comisión aprueba o no. Yo espero que con esta explicación los temores queden superados y recibo cualquier sugerencia que ustedes tengan para avanzar en el contenido del articulado.

– En uso de una interpelación, el Senador Jorge Robledo Castillo, pregunta al Senador ponente, si hay seguridad que será de aplicación voluntaria.

– **Con la venia de la Presidencia, agrega el Senador Juan de Jesús Córdoba:**

Uno de los componentes es la gradualidad, lo más importante para sí es obligatorio o no, es el gravamen que se le hace a cada ganadero por cada animal que se identifique, ese era el afán que teníamos ayer, si se paga por cada animal. Pero hay algo muy importante que anotaba, este tiene una gradualidad y es, primero las zonas de frontera por lo que explicaba en ese punto, y es que hay problemas de sanidad animal, es fundamental, salió el señor Ministro a explicar esta mañana los temas de aftosa, si se identifican unos y se le hace seguimiento a unos que están sanos y a los que están enfermos no, o a muchos no se dejan entonces el control de la sanidad se pone en riesgo; esa más o menos es la idea doctor Robledo, no es que sea voluntario, seguramente se proferirá una resolución para esas zonas y se les dirá, estas zonas gradual pero obligatorio, eso es así de cierto. Para no llamarnos a engaños, es gradual pero obligatorio, y en principio se hará en las zonas de frontera, porque repito, el gran problema aquí es la sanidad, es la inocuidad de la que tenemos que obviamente preservarnos.

– **A la respuesta dada por el Senador Juan Córdoba, la Presidenta de la Comisión, añade:**

Es que yo entiendo Senador Robledo, que al mismo tiempo en toda Colombia no se puede hacer este trabajo, entonces donde el ICA va direccionando. Cuál es la urgencia, ahí se va poniendo obligatoriedad y ahí el ICA va también sustentando, soportando los gastos. Bueno, eso ya nos quedó claro entonces yo creo que ya no hay problema Senador Robledo.

– **Nuevamente en uso de la palabra, el Senador Jorge Robledo Castillo, precisa:**

A mí de ese proyecto me preocupa sus costos, porque el gobierno dice que da y a la hora de la verdad no da, o da un pedacito, eso todos sabemos

cómo es la historia de estas cosas y resulta que esto es un sector lleno de pobres. Yo quiero enfatizar esta idea, aquí hay unos cuantos ganaderos que son los potentados, pero todas las estadísticas dicen que esto está lleno de pobres, por ejemplo Boyacá, allá en la tierra del doctor Juan Córdoba, de campesinos que tienen una vaca, media vaca, un cuarto de vaca; debe haber dieciseisavo de vaca en sociedades familiares, entonces esa es la realidad que tenemos ahí.

Entonces yo decía ayer, a mí en general los proyectos que tienen que ver con desarrollo técnico me gustan, yo creo en el valor de la ciencia y de la técnica, pero también decía, no estamos en Dinamarca sino en Cundinamarca, yo en ese sentido si el proyecto es obligatorio, así sea gradual yo no voto el proyecto. Pero además voy a agregar una cosa que es importante. Realmente lo que está ad portas en el Fondo Ganadero es una masacre por cuenta de las importaciones, ayer la Cámara de Representantes votó el TLC con la Unión Europea, una de las cosas más perjudiciales que se haya votado, ya está para la sanción del Presidente; mejor dicho, los gringos produciendo leche son unos aficionados al lado de los Europeos; los subsidios a los lácteos europeos son descomunales, quesos, mantequillas, eso va a ser una avalancha, la avalancha ya se está dando, nos están dando una pela los argentinos, los chilenos, los uruguayos todo el mundo, todo el mundo.

Entonces digamos que yo anuncié que no voy a respaldar el proyecto, porque esto que estoy diciendo no me queda claro; pero además aprovecho y llamo la atención a la Comisión Quinta que es la Comisión de asuntos agrarios, el Gobierno sigue Gobernando contra la realidad del país, eso sí lo voy a decir con todas las letras y yo sé que es agrio decirlo; el Presidente Juan Manuel Santos representa los intereses de los extranjeros en Colombia. Primero que todo, aquí lo que se ha impuesto es la idea de que los colombianos seremos felices si primero hacemos felices a los gringos y a los europeos y eso no funciona así; entonces llamo la atención porque no quiero que quede en el ambiente de que este es un proyecto que dizque para poder competir, no hay ninguna posibilidad y este proyecto por supuesto que no tiene nada que ver con eso.

Ahora, si la trazabilidad es voluntaria, yo no le veo problema porque si algún ganadero tiene la posibilidad de exportar alguna cosa a Europa o E.E.U.U., pues yo no me voy a oponer a eso, de eso no se trata el asunto, pero imponerle a un campesino de una zona remota de este país, que tiene que meterse en una serie de prácticas de exportación, cuando él nunca va a exportar, a mí me parece que eso no tiene sentido. Yo ayer decía Ministro, que el ideal es que estos proyectos se diseñaran y que fueran, o la voluntariedad completa en el sentido en que cada quien ve si se mete o no, o por lo me-

nos sea por zonas o cosas de esas que uno pueda entender que tengan alguna relación remotísima entre la producción y la exportación.

Por ejemplo, en carne tal vez me lo reconoció ahora el Viceministro, en Colombia no hay carne para exportar, Colombia no exporta más carne, porque no tenemos, el hato ganadero es demasiado pequeño, entonces digamos en ese contexto creo que el proyecto le abre camino a una cosa que se intenta apalear con el cuento de que el Gobierno va a cubrir y al final la historia de Colombia es que los Gobiernos actúan con una lógica que es horrible, que es prometer para conseguir y una vez conseguido olvidar lo prometido.

- Como ponente del proyecto en discusión, interviene nuevamente el Senador Juan Córdoba, diciendo:

Yo siempre he respetado las posturas del doctor Robledo porque en muchas ocasiones tiene razón; pero aquí quiero decirle algo Senador, no es justo que los pequeños ganaderos, los pequeños ganaderos de mi departamento no tengan la posibilidad de tener un animal sano, no tengan la posibilidad de que haya un mejoramiento genético para ellos, eso sería lo más injusto del mundo; y hoy que ya los tratados están celebrados con Europa, con E.E.U.U., con Corea, no nos quedan salidas. Yo creo que aquí la tarea es mejorar las posibilidades para exportar, es una ilusión posiblemente, pero si esta ilusión no la alimentamos con este proyecto nunca vamos a tener esa oportunidad, en cambio sí es bien probable que a partir del año entrante estemos consumiendo carne Coreana por ejemplo, pudiendo producir la mejor carne aquí en Colombia con estos controles de sanidad y de la parte alimentaria, sobre todo en la parte de sanidad. Así que yo sí creo que este es un gran proyecto.

Por principios no acostumbro a defender un proyecto a ultranza, pero este lo considero, como campesino que soy, porque soy un campesino, allá de la vereda y conozco cada una de las necesidades de los agricultores y de los pequeños ganaderos, por eso creo que este es un excelente proyecto para ellos y para los grandes ganaderos también, es una oportunidad grandísima; imagínese todas estas exenciones que tienen, no pagan chapetas, no pagan la puesta en la chapeta, no hay bonos de venta, no pagan guías de transporte, y es la oportunidad de que se haga un seguimiento a la sanidad, un saneamiento, una oportunidad para mejorar la genética en sus ganaderías; es decir, solamente beneficios.

El temor que tiene el doctor Robledo también en el sentido de que posiblemente el Gobierno decida no financiar, aquí está contenido en la ley, es una financiación del mercado para cumplir con el sistema de identificación e información de trazabilidad animal y eso es de toda especie; así es que yo

creo y repito señora Presidenta y colegas, este es un proyecto de verdad que me parece de la mayor importancia para el sector agropecuario del país.

Seguidamente y por disposición de la Presidencia, se da lectura a la proposición con que termina el informe de ponencia presentado por el Senador Juan de Jesús Córdoba Suárez:

Proposición

Por las anteriores consideraciones, solicito a la Comisión Quinta del Senado dar Primer Debate y aprobar con las modificaciones propuestas en el Pliego de modificaciones que se adjunta, al **Proyecto de ley número 189 de 2012 Senado, 139 de 2011 Cámara, por la cual se crea el sistema nacional e identificación, información y trazabilidad animal**. Firma: honorable Senador Juan de Jesús Córdoba Suárez.

- Léida la Proposición, la Presidenta la somete a consideración y votación de la Comisión, y dispone que por Secretaría se llame a lista para votación nominal:

| | |
|---------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Durán Barrera Jaime Enrique | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizábal Maritza | Sí |
| Mora Jaramillo Manuel Guillermo | Sí |
| Name Cardozo José David | Sí |
| Robledo Castillo Jorge Enrique | No |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

- La Secretaría informa que diez (**10**) Senadores votaron por el **Sí** y uno (**1**) votó por el **No**, quedando aprobada la proposición con que termina el informe de Ponencia.

- Por solicitud del Senador ponente Juan de Jesús Córdoba, la Comisión aprueba la omisión de la lectura del articulado.

- La Presidenta somete a consideración y votación el articulado del proyecto, tal como viene propuesto en la ponencia para primer debate y dispone que se haga el llamado a lista respectivo para la votación nominal del mismo.

| | |
|---------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Durán Barrera Jaime Enrique | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizábal Maritza | Sí |
| Mora Jaramillo Manuel Guillermo | Sí |
| Name Cardozo José David | Sí |
| Robledo Castillo Jorge Enrique | No |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

- Una vez realizada la votación, la Secretaría anuncia que se han registrado once (**11**) votos en total; diez (**10**) por el **Sí** y uno (**1**) por el **No**. En

consecuencia ha quedado aprobado el articulado del proyecto tal y como viene en la Ponencia para Primer Debate.

-Seguidamente la Presidencia pone en consideración y votación el siguiente título para el Proyecto, *por la cual se crea el sistema nacional de identificación, información y trazabilidad animal.*

| | |
|---------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Durán Barrera Jaime Enrique | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizabal Maritza | Sí |
| Mora Jaramillo Manuel Guillermo | Sí |
| Name Cardozo José David | Sí |
| Robledo Castillo Jorge Enrique | No |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

- Concluida la votación, la doctora Delcy Hoyos Abad, Secretaria General de la Comisión, informa que ha quedado aprobado el título del proyecto, con diez (10) votos por el Sí, y uno (1) por el No.

- Finalmente los miembros de la Comisión aprueban el paso a segundo debate del proyecto de ley y la Mesa Directiva designa como ponente para este efecto, al Senador, Juan Córdoba Suárez.

- Para dar curso al Orden del Día, la Presidencia procede con la discusión del **Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado, 036 de 2012 Cámara**, *por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso del mercurio en los procesos productivos y se fijan incentivos para su erradicación manual y se dictan otras disposiciones*; para tal efecto ofrece el uso de la palabra a la Senadora Maritza Martínez Aristizabal, ponente del mismo, quien explica:

La principal discusión que se generó en la pasada oportunidad que tuvimos ya de revisar el articulado del proyecto, se encaminó a una protección hacia los pequeños mineros que podrían verse afectados con ocasión de restringir el uso del mercurio, lo que hemos logrado gracias a la intervención del Senador Sierra, del Senador Córdoba, de la intervención también oportuna del Senador Robledo, es unos recursos específicos que están determinados de un fondo que hoy existe y que están allí consignados para dedicarlos a la aplicación de esta medida de transición, y van destinados también de acuerdo a como se ha redactado el artículo, para que llegue a aquellos mineros pequeños y artesanales; no a aquellos que tienen posibilidades de realizar una actividad en condiciones más adecuadas, sino estos que se están envenenando ellos mismos para tratar de sacar adelante sus familias y que yo creo e insisto, no podemos ser indiferentes hacia esa situación.

- Por disposición de la Presidencia, por Secretaría se da lectura a la proposición con que termina el informe de ponencia.

Proposición

Presento Ponencia positiva y propongo a la honorable Comisión Quinta del Senado de la República, dar Primer Debate al **Proyecto de ley números 168 de 2012 Senado, 036 de 2012 Cámara**, *por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones*, con las modificaciones planteadas.

Firma: honorable Senadora *Maritza Martínez Aristizabal*, Ponente.

-Seguidamente solicita el uso de la palabra el Senador Jorge Robledo Castillo y señala:

Voy a ser muy breve porque yo sobre este proyecto ya he debatido varias veces y no quiero molestar; pero me va a tocar votarlo también en contra y entonces quiero dejar dicho por qué lo voto en contra, repito, de una manera brevísima.

El mercurio hace daño, eso no hay que discutirlo, y es bastante dañino y digamos que en condiciones ideales lo mejor sería que no se usara particularmente en minería. El segundo punto es, que los pequeños mineros sin mercurio no pueden sacar oro, no pueden porque las otras tecnologías que hay, que también son muy complicadas, por ejemplo usar cianuro, no son asequibles a ellos, no las pueden pagar de ninguna manera entonces quedamos en un lío muy complicado; son miles y miles de compatriotas que necesitan de ese mercurio para poder procesar un oro porque o si no se mueren de hambre realmente, literalmente se mueren de hambre, pero el mercurio hace daño, o sea, es un dolor de cabeza, un rompecabezas bien grave.

Ahora, cuál es la suerte que tenemos a mi juicio, la suerte que tenemos a mi juicio es que la ONU tiene hecha una propuesta que es la de usar una cosa que se llama retortas que valen como a 2 dólares cada una, una retorta es como una ollita y usted pone el oro con el mercurio la pone a calentar, el mercurio se evapora y se recoge ese vapor y entonces el mercurio no cae a la atmosfera; es una cosa muy barata de hacer y recoge como el 90% de mercurio.

Yo creo que esta debería ser la política, el Gobierno Nacional lo que debería impulsar es esta política; pero bueno, el proyecto lo que plantea es una fórmula de prohibición, que en 5 años está prohibido el uso del mercurio, y lo que yo creo que va a terminar pasando, que así haya buena voluntad con el proyecto, pues dentro de 5 años se va a seguir usando el mercurio porque la gente no tiene más de qué vivir y lo que va a aparecer es contrabando de mercurio, mafias de mercurio, sobornos por mercurio, extorsiones por mercurio y todo eso. Yo creo que eso realmente no es sensato, yo sería amigo de un proyecto que se centrara en la educación solo en la educación, relativamente es fácil de hacer, y si con el paso del tiempo la educación no funciona, pues miraríamos otra

cosa, pero de momento eso es lo que se debiera ensayar. Es más, ya en Antioquia algunos ejemplos que se han hecho de educación han funcionado supremamente, bastante bien; esas son mis razones muy simples, no me pondría a detallarlas más, pero ya lo he dicho en otras ocasiones, entonces dejo esa constancia.

- En uso de la palabra, el Senador Manuel Guillermo Mora Jaramillo interviene diciendo:

Aquí hubo un foro bien importante donde estuvieron todos los Ministros y me gustaría conocer cuál fue la posición del Ministerio de Minas, qué considera el Ministerio de Minas específicamente, para que los colombianos que nos siguen puedan tener muy claro qué es lo que vamos a votar en el día de hoy, referente al tema de la prohibición del mercurio. Y así mismo la ANDI ha venido prestando alguna información o haciéndome llegar alguna información, donde dice que algunas empresas se van a ver afectadas, ellos hablan de 10 años, pero 10 años es muy lejos, están hablando de proyectos de 5 años.

Me gustaría tener muy claro cómo serían esos tiempos, cuál alternativa tiene el Ministerio en este sentido, que sabemos hace daño; tanto así, que cuando nos opusimos en los páramos a hacer cualquier tipo de intervención minera, especialmente era por el cianuro y por el mercurio que hacían daño tanto en acueductos de Bucaramanga y Cúcuta y su área metropolitana; pues prácticamente hemos estado siempre en esa posición, se prohíbe cualquier tipo de intervención minera en los páramos precisamente era en eso, en la utilización del mercurio, y que de esos páramos se produce el agua donde tomábamos los cucuteños y los bumangueses y nortesantandereanos también; entonces simplemente eran esas 2 preguntas señora Presidenta y decirle que acompañe el proyecto.

- A lo expuesto por el Senador Manuel Guillermo Mora, la Presidenta de la Comisión agrega:

Yo le iba a hacer la misma pregunta a la Senadora Maritza, la vez pasada hablábamos que al cumplirse el término de los 5 años o de los 10 años en el tema industrial, si eso no se ha podido cumplir por unas justas causas en donde pueda la industria demostrar realmente que lo viene haciendo pero no ha podido completar el 100%, qué pasaría allí y si ellos pueden pedir una prórroga de otro tiempo o que pasa en ese caso.

- Para aclarar las dudas expuestas, la Senadora Ponente del proyecto precisa:

Sobre el primer tema del Senador Robledo que lo hemos debatido bastante en la audiencia pública que se realizó, esto no excluye para nada la utilización de la retorta, al contrario, son perfectamente compatibles, todo se encamina a un mismo objetivo que es erradicar el uso del mercurio, inicialmente minimizándolo, entendiendo que ningún cambio de estos puede darse de manera abrupta, sino que todo requiere un período de transición y en ese entretanto la retorta va a ser una gran herramienta para ir disminuyendo su uso.

Sobre la postura del Gobierno, Ministerio de Minas, Ministerio de Ambiente, Ministerio de Agricultura, bueno acá está el nuevo Ministro, por lo menos el anterior vino a acompañarnos y todos manifestaron la urgencia de sacar adelante este proyecto, porque el mercurio está contaminando los ríos está afectando a la población a través del consumo de peces, pero también la agricultura, las tierras aptas para agricultura están siendo infiltradas por el agua que corre de la explotación.

El tercer punto, la ANDI quiere solo para industriales que sea un plazo de 10 años y 5 adicionales; si en ese lapso no lo ha logrado, lo que yo he dicho acá es, si le damos ese lapso a los industriales, se lo damos también a los mineros, porque a los mineros ya le dimos un período muy corto de 5 años para que hagan la transición, mientras que a los industriales va uno de 10 años; si lo que vamos a hacer es ampliarle a 15, pues creo que pierde un poco el objeto del proyecto, ya ese impacto no lo vamos a ver realmente, así como de pronto, de hecho con el autor estuvimos discutiendo bastante el tema, tampoco le encuentra mucho sentido, ni las autoridades. Si ustedes por mayoría determinan que vamos a aumentar ese lapso, con mucho gusto lo hacemos, creo que el proyecto es tan importante, que lograr una concertación es fundamental, pero creería yo que pierde el objetivo acceder a eso.

Otro tema que le quiero reconocer a la Comisión y voy a insistir en eso, porque es que no es fácil encontrar recursos que acompañen este tipo de medidas y acá hay un fondo específico que nos va a garantizar cerca de 12 mil millones de pesos para esta transición, destinada específicamente a la minería de oro para efectos de superar el tema del mercurio; esa es la proposición nueva que en ese sentido traía, luego de un importante aporte dije ya acá por parte de los Senadores de la Comisión, luego estos recursos tengo que decirlo, se deben a la Comisión Quinta del Senado, este aporte que van a recibir, para efectos de que la transición no los agobie sino que al contrario, encuentren un respaldo efectivo para dar este paso.

- Con las aclaraciones hechas por la Ponente del proyecto, la Presidencia procede a poner en consideración y votación la proposición anteriormente leída:

Y dispone que por Secretaría se haga el llamado a lista de rigor para la votación nominal.

| | |
|---------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizábal Maritza | Sí |
| Mora Jaramillo Manuel Guillermo | Sí |
| Name Cardozo José David | Sí |
| Robledo Castillo Jorge Enrique | No |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

- La Secretaría anuncia que nueve (9) Senadores han votado por el **Sí** y uno (1) por el **No**, quedando aprobada así, la proposición con que termina el informe de Ponencia.

- Antes de proceder a la votación del articulado, por solicitud de la Senadora Ponente la Presidente somete a consideración y votación la omisión de lectura del articulado, y la Comisión la aprueba.

Seguidamente la señora Presidenta somete a consideración y votación aquellos artículos que no han sufrido ningún tipo de modificación, o que no tienen propuestas de modificación, que son: 1°, 2°, 4°, 5°, 8°, 9°, 11, 12 y 13, dispone que se llame a lista para la votación nominal.

| | |
|---------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizábal Maritza | Sí |
| Mora Jaramillo Manuel Guillermo | Sí |
| Name Cardozo José David | Sí |
| Robledo Castillo Jorge Enrique | No |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

- Finalizada la votación, la Secretaría informa que se han registrado en total diez (10) votos de los Senadores; nueve (9) por el **Sí** y uno (1) por el **No**, en consecuencia han quedado aprobados los artículos 1°, 2°, 4°, 5°, 8°, 9°, 11, 12 y 13, tal como vienen en la ponencia para primer debate.

- Seguidamente y antes de dar lectura a las proposiciones modificatorias de los artículos 3°, 6°, 7° y 10, la Senadora Maritza Martínez Aristizábal ponente del proyecto, anota:

Yo le quería recordar que todas las proposiciones fueron ya expuestas, explicadas por mí en la pasada sesión, solamente quedó pendiente la que afecta el artículo 10 y la última que propone un artículo nuevo.

- Por indicación de la Presidencia, la doctora Delcy Hoyos Abad, Secretaria de la Comisión, da lectura a las proposiciones de los artículos mencionados, incluidas las que proponen dos artículos nuevos:

Artículo 3°. ***Reducción y eliminación del uso de mercurio:*** El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Trabajo, establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible, el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país.

Erradíquese el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a diez (10) años y para la minería en un plazo máximo de cinco (5)

años. El Gobierno Nacional dispondrá todos los instrumentos tecnológicos y las respectivas decisiones con todos los entes y organizaciones responsables del ambiente y el desarrollo sostenible.

El Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, con el apoyo de Colciencias liderarán el desarrollo, transferencia de implementación de procesos, estrategias y medidas de reducción y eliminación del uso del mercurio al interior de su sector, con la participación de los actores destinatarios de la presente ley; para tal efecto promoverán que las instituciones de educación superior desarrollen actividades de formación, investigación y proyección social, en el marco de su autonomía, a través de convenios u otro tipo de iniciativas que se orienten hacia la consecución de estos objetivos.

En la medida que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio en otras actividades industriales, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector, la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, basados en investigaciones realizadas por las diferentes instituciones de educación superior, Colciencias o cualquier otro ente reconocido que las efectúe.

Las autoridades ambientales, urbanas, regionales y de desarrollo sostenible, así como las secretarías de salud y las direcciones territoriales de trabajo, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias. Firma: honorable Senadora *Maritza Martínez Aristizábal*.

Artículo 6°. ***Producción más limpia en las diferentes actividades industriales y mineras.*** En el periodo de cinco (5) años, propuesto en el artículo 3° de esta ley, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y Colciencias con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las autoridades ambientales promoverán con las diferentes instituciones de educación superior del país, el sector privado y demás entidades y actores, el desarrollo de convenios, proyectos y programas, para la implementación, estrategias de producción más limpia, para alcanzar la meta propuesta de eliminación del uso del mercurio. Firma: honorable Senadora *Maritza Martínez Aristizábal*.

Artículo 7°. ***Alternativas limpias.*** Colciencias fomentará la realización de investigaciones de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio, el desarrollo y aplicación de las mismas.

Los Ministerios de Minas y Energía, Comercio, Industria y Turismo, Educación y el Sena, promoverán y desarrollarán en el marco de sus competencias la realización de programas de formación, capacitación, fortalecimiento empresarial y asistencia técnica para la inserción de las tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productivos asocia-

dos, que requieren de la utilización del mercurio; pudiendo emplear como insumo los resultados de las investigaciones adelantadas por Colciencias.

Para tal efecto se podrán realizar convenios con el sector privado, las instituciones de educación superior y las empresas de servicios públicos, para que desarrollen estos programas que se destinarán a la población objeto de esta ley, incluyendo la información respecto de los riesgos y afectaciones a la salud humana y al medio ambiente por la exposición al mercurio. Firma: honorable Senadora *Maritza Martínez Aristizábal*.

Artículo 10. **Incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio en el sector minero.** A fin de lograr la reducción y posterior eliminación del uso de mercurio en el beneficio del mineral de oro, así como la reubicación de plantas de beneficio de oro existentes antes de la entrada en vigencia de la presente ley, y de posibilitar para la pequeña minería el desarrollo social y el incremento de la productividad y seguridad e higiene minera, se adelantarán programas de incentivos que incluyan:

a) Ofrecer por una única vez, y en un período de cinco (5) años contados a partir de la promulgación de la presente ley, créditos blandos, a través del Banco Agrario y Finagro u otra agencia del Estado especializada, a los dueños de las plantas de beneficio de oro, para la reducción y eliminación del uso de mercurio y para la reubicación o traslado de dichas plantas a zonas compatibles con los planes de ordenamiento territorial. Igualmente ofrecer por el mismo período de tiempo a pequeños mineros auríferos, créditos blandos para financiar las adquisiciones necesarias para efectuar la reconversión y uso de nuevas tecnologías de extracción y beneficios del oro que no emplean mercurio.

b) El Ministerio de Minas y Energía establecerá programas y proyectos de financiamiento que generen mecanismos o herramientas para facilitar el acceso a recursos financieros del sistema bancario al pequeño minero a nivel nacional, así como la destinación de recursos para financiar o cofinanciar proyectos mineros definidos por dicho Ministerio.

De igual forma el Ministerio de Minas y Energía destinará como mínimo el treinta por ciento (30%) de los recursos existentes a la entrada en vigencia de la presente ley, de que trata el artículo 151 de la Ley 1530 de 2012, para mejorar la productividad, seguridad y sostenibilidad de quienes se dedican a la extracción o beneficio de oro en pequeña escala o pequeños mineros auríferos, en el proceso de sustitución de uso del mercurio por otras tecnologías que no lo emplean, utilizándolos en la ejecución de programas y proyectos de apoyo directo a esta población, de forma que con ellos puedan recibir cofinanciación o financiación para la adquisición de los activos requeridos para lograr reconversión, obtener la apropiación del conocimiento de los nuevos procesos, recibir asistencia técnica, recibir apoyo o incentivos en la obtención del ac-

ceso a los créditos blandos como la financiación o cofinanciación de las primas de seguro, o avales complementarios, costos de estructuración de las solicitudes de crédito, tasas de interés o cualquier otro instrumento que les facilite el acceso.

El monto de los recursos destinados para este efecto podrá ser incrementado de conformidad con lo que se ha dispuesto por el Presupuesto General de la Nación para cada año. Estos incentivos no aplicarán en los casos que se requiera realizar la reconversión tecnológica en zonas prohibidas de las que trata el artículo 9°.

Parágrafo. El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Ministerio de Minas y Energía, el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Fondo de Desarrollo Regional, asignarán o promoverán las partidas presupuestales que sean necesarias, para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la presente ley en cabeza de los diferentes ministerios, entidades territoriales y autoridades competentes. Firma: Honorable Senadora *Maritza Martínez Aristizábal*.

Artículo Nuevo. **Establecimiento del Sello Minero Ambiental Colombiano.** En un plazo no mayor a seis (6) meses, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá la reglamentación que establece y regula el “Sello Minero Ambiental Colombiano”, mediante el cual y de acuerdo con los procedimientos que para efectos similares ha determinado, se podrá identificar el producto de las actividades mineras que no usen mercurio y emplean procedimientos amigables con el medio ambiente. Para el efecto el Ministerio de Minas y Energía promoverá el desarrollo de las normas técnicas necesarias para garantizar la aplicación del reglamento que aquí se establece.

En igual sentido el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, para el caso de los procesos industriales y sus productos, impulsará la solicitud y apoyará el desarrollo de los estudios de factibilidad que deban realizarse para la selección de las diferentes categorías de productos que permitan la aplicación del “Sello Ambiental Colombiano”, de acuerdo con lo dispuesto en la presente ley, en especial lo relacionado con Mercurio. Firma: honorable Senadora *Maritza Martínez Aristizábal*.

- Antes de proceder a la lectura de la última proposición contentiva de un artículo nuevo, la Presidenta somete a consideración y votación de los honorables Senadores, la declaratoria de sesión permanente, la cual es aprobada por los asistentes.

- **Continuando con las proposiciones, por Secretaría, se lee:**

Artículo Nuevo. **Incentivos para la Formalización.** Con el fin de impulsar y consolidar la formalización de la actividad minera, especialmente de pequeños mineros auríferos, el Gobierno Nacional podrá emplear los siguientes instrumentos:

a) Subcontrato de Formalización Minera. Los explotadores mineros de pequeña escala o peque-

ños mineros auríferos, que a la fecha de expedición de la presente ley se encuentren adelantando actividades de extracción o de beneficio de oro dentro de áreas otorgadas a un tercero mediante título minero, podrán con previa autorización de la autoridad minera, suscribir contratos de explotación con el titular de dicha área, para adelantar esas actividades por un período no inferior a cuatro (4) años prorrogables.

El Ministerio de Minas y Energía efectuará la respectiva anotación en el Registro Nacional Minero en un término no mayor a los quince (15) días hábiles siguientes a la aprobación del contrato de formalización por parte de la autoridad minera.

La suscripción de un contrato de formalización minera no implicará la división o fraccionamiento del título minero en cuya área se otorga el derecho a realizar actividades de minería; no obstante podrán adelantarse labores de auditoría o fiscalización diferencial e independiente y quienes sean beneficiarios de uno de estos contratos, tendrán bajo su responsabilidad el manejo técnico-minero, ambiental y de seguridad e higiene de la operación del área establecida, así como de las sanciones derivadas de incumplimiento normativo o legal.

El titular minero que celebre contratos de explotación minera deberá velar por el cumplimiento de las obligaciones del contrato suscrito y seguirá siendo responsable por las obligaciones de su título y contrato, con excepción de aquellas que se mencionan en el presente artículo. El Gobierno Nacional reglamentará las condiciones y requisitos para la celebración de estos contratos y en todo caso velará por la continuidad de la actividad productiva, en condiciones de formalidad y de acuerdo con las leyes y reglamentos, a esta población, en caso de no serle aplicable este instrumento.

b) Devolución de áreas para la Formalización Minera. Entiéndase por devolución de áreas para formalización minera, la renuncia a la explotación o devolución que el beneficiario de un título minero hace por decisión directa de una parte del área que le fue otorgada, con el fin de contribuir a la formalización de los pequeños mineros que hayan llevado a cabo su actividad dentro del área que le fue otorgada. En ningún caso se podrá disponer del área devuelta para ser destinada a beneficiarios diferentes a aquellos que se encontraban previamente efectuando actividades de minería dentro del área devuelta.

El Ministerio de Minas y Energía reglamentará el procedimiento, los requisitos para el acceso, evaluación, otorgamiento y administración de estas áreas y la definición de pequeño minero; a través de la dirección de formalización minera o quien haga sus veces; administrará el registro de las áreas devueltas y la autoridad minera nacional lo operará.

c) Beneficios para la Formalización. Los titulares mineros de oro que cuya capacidad instalada les permita procesar hasta 20 toneladas de mate-

rial mineralizado o que se encuentre en proceso de formalización, que estén inscritos en el registro de usuarios de mercurio señalado en el artículo 4° de la presente ley y que además presenten ante la Dirección de Formalización Minera del Ministerio de Minas y Energía un plan de trabajo de reducción paulatina del mercurio en su proceso de extracción y beneficio del oro, tendrán prioridad para acceder a la oferta institucional de dicho Ministerio establecido en el programa de formalización minera. Firma: honorable Senadora *Maritza Martínez Aristizabal*.

-Seguidamente la Presidencia somete a consideración y votación de manera nominal los artículos, 3° 6° 7° 10° con las modificaciones propuestas y los dos artículos nuevos, cuyas proposiciones fueron leídas. Para el efecto dispone que por Secretaría se haga el respectivo llamado a lista.

| | |
|--------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizabal Maritza | Sí |
| Name Cardozo José David | Sí |
| Robledo Castillo Jorge Enrique | No |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

- La Secretaría anuncia que ocho (8) Senadores han votado por el **Sí** y uno (1) por el **No**, en consecuencia han sido aprobados los artículos 3°, 6°, 7° y 10 con las modificaciones propuestas; así como dos artículos nuevos al proyecto de ley.

- De igual manera, una vez sometido a consideración y votación, la Comisión aprueba el siguiente título para el Proyecto, *por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país, y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones*.

- Seguidamente la Presidenta pregunta a los miembros de la Comisión si aprueban que el proyecto pase a segundo debate y siga su curso para convertirse en ley de la República, a lo cual responden afirmativamente.

- Manifiesta la Presidenta de la Comisión:

Quiero darle un saludo muy especial a uno de los autores del proyecto, el doctor Augusto Posada Presidente de la Cámara quien hoy nos acompaña; muchísimas felicitaciones por su proyecto, ahí vamos cumpliendo con nuestro deber de trabajar con toda la responsabilidad. A la Senadora Maritza felicitaciones por su trabajo y queda como ponente para llevar el proyecto a Plenaria, para segundo debate.

- Continuando con el estudio de proyectos, interviene con la venia de la Presidencia el Senador Luis Emilio Sierra Grajales Ponente:

Proyecto de ley número 164 de 2012 Senado, *por la cual se expiden disposiciones generales so-*

bre inversión extranjera en el sector agropecuario y se dictan otras disposiciones, quien explica así los alcances de la iniciativa. Debo decir que este es un proyecto de iniciativa del Gobierno Nacional quien por intermedio del anterior Ministro, el doctor Juan Camilo Restrepo, radicó aquí en la Comisión Quinta, a finales del año pasado, este proyecto. Este proyecto obedeció al clima que en su momento se suscitó en el país, especialmente en los medios de comunicación, cuando se daba cuenta, o se le informaba a la opinión pública que íbamos a ser literalmente avasallados por la inversión extranjera.

Recuerdo cómo se decía en aquella época que había un país, concretamente China, que andaba de compras por toda latinoamérica y nos dijeron que en Brasil, que en Argentina ya habían comprado una gran cantidad de tierra y que en Colombia iban a hacer lo propio; obviamente esto encendió las alarmas de los colombianos, del Congreso de la República, del Congreso, del gobierno, y fue así como en este Congreso de la República, se presentaron dos proyectos de acto legislativo y adicionalmente se presentaron dos proyectos de ley.

Los actos legislativos no tuvieron mayor suerte, los proyectos vienen haciendo su curso, aquí precisamente en esta Comisión Quinta ya discutimos un proyecto de ley de iniciativa del Senador Juan Lozano, que aborda el tema de la inversión extranjera en el sector agropecuario. Este no es un tema extraño a esta Comisión, aquí ya ha sido debatido y a ese proyecto de ley del Senador Lozano le dimos aprobación en esta Comisión Quinta, con un compromiso que, en su momento, hizo el señor Ministro de Agricultura, Juan Camilo Restrepo y su autor el doctor Juan Lozano.

El compromiso consistía en que esta Comisión le daba primer debate a ese proyecto y esperaba a que nos diéramos a la tarea de estudiar este otro de iniciativa del gobierno nacional, para que en segundo debate esos dos proyectos se fusionaran, cogiendo lo mejor de cada uno de ellos y poder entregarle al país una herramienta jurídica que responda a una temática que es de suyo compleja y que es necesario legislar.

Este proyecto de ley de iniciativa del gobierno entonces quiere legislar inicialmente sobre el tema de la inversión extranjera en el sector. Para empezar debo hacer un diagnóstico de cuál es la actual inversión extranjera en el país; cualquiera pudiera pensar que estamos llenos de mineros, de ese tipo de inversiones, pero curiosamente donde menos hay en inversión extranjera es en el sector agropecuario, de toda la inversión extranjera que se hace en el país no llega al 2% esa inversión extranjera en el sector agropecuario, de modo que va siendo una especie de mito que va quedando en la opinión pública y creen que en efecto hay una gran inversión extranjera que es lesiva, que es dañina, que se están adueñando de nuestras tierras y

que se atenta, como dijeron en algunas ocasiones, contra la seguridad alimentaria a los colombianos, todo eso no es sino eso, un sólo mito.

El proyecto de ley presentado por el gobierno nacional en sus inicios tenía tres propósitos; primero dictar normas para regular esa inversión extranjera en el sector agropecuario, un segundo propósito era el de estimular los proyectos asociativos; y un tercer capítulo o tema, que era interpretar con autoridad de las normas de la Ley 160 de 1994. Cuando yo conocí el texto de ese proyecto le propuse al gobierno que nos limitáramos exclusivamente al tema de la inversión extranjera y que dejáramos por fuera lo correspondiente al tema de baldíos; entre otras porque al momento de hacer la presentación y la radicación del proyecto, repito, en noviembre del año pasado, por esos días la Corte Constitucional había sacado una información, un boletín de prensa que daba cuenta de unos cambios en lo que correspondía al tema de baldíos. Han pasado los meses y solamente hace cerca de 20 días o un mes ya se conoció el pronunciamiento de la Corte Constitucional, y a eso se agrega un concepto que acaba de entregar el Consejo de Estado.

Esta mañana precisamente en el desayuno que sostuvimos la gran mayoría de los Senadores, de la Comisión Quinta, con el entrante Ministro de Agricultura, acordamos que era sano para el trámite de ese proyecto de ley, que separáramos los temas y que nos circunscribiéramos exclusivamente como lo estoy haciendo en este debate, a la aprobación de las normas que regula la inversión extranjera en el sector agropecuario y a los proyectos asociativos; es decir, que estamos prescindiendo o estamos dejando sin trazar el tema de baldíos, y la interpretación de la sentencia de la Corte Constitucional, de la Ley 160 de 1994, a eso entonces me voy a circunscribir.

Inicialmente en el tema de la inversión extranjera, el proyecto del Senador Juan Lozano, quiso establecer un límite cuantitativo, ustedes lo recuerdan, aquí hablamos incluso de un porcentaje, 15%, que no podrá haber inversión extranjera en más del 15% de la superficie de un municipio del país. Tiene toda suerte de inconvenientes ese tipo de limitación, sin embargo lo aprobamos porque dijimos, vamos a tramitar posteriormente otro proyecto de ley y vemos cómo en el camino, allá cuando estemos en segundo debate, morigeramos o modificamos o mejoramos esa redacción; y es así como el gobierno nacional en este proyecto, yo tengo que decir que es mucho más acertada, no busca limitar desde el punto de vista cuantitativo, pero si cualitativo.

Qué se busca, que cuando haya una inversión o se pretenda hacer una inversión por parte de una entidad extranjera, el gobierno nacional lo conozca y se someta a una autorización previa; es decir, que los colombianos conozcamos quiénes son los inversionistas, qué es lo que pretenden hacer, cómo lo van a hacer, dónde lo van a hacer. Esa

inversión, repito, debe ser autorizada previamente por el Estado Colombiano, de la misma manera como se hace hoy con el sector financiero.

Nosotros en la ponencia hemos hecho modificación a la persona que debe dar esa autorización; nos parecía excesivo que esa autorización estuviera en cabeza de una sola persona, el proyecto traía que fuera en cabeza del Ministro de Agricultura, le hemos hecho una modificación en el sentido de que sea un órgano plural, que no dependa exclusivamente del ministro de turno, sino que también allí esté el Director de Planeación, que también esté el Superintendente de Notariado y Registro que tiene mucho que decir en cuanto a tierra se refiere, y que también haya dos delegados del gobierno nacional. Es decir, en cabeza de un cuerpo colegiado de cinco personas, se vigilará y se estudiará todo proyecto de inversión extranjera en el sector agropecuario.

Adicionalmente este proyecto de ley crea un registro, un archivo donde toda inversión extranjera que se pretenda hacer en el país, se vaya llevando allí para que todo el mundo la pueda conocer; adicionalmente se dice que quienes con antelación a la vigencia de esta ley ya hubieran hecho una inversión extranjera, también deben tener la obligación de llevarla, ya no con la autorización, pero sí por lo menos para hacer ese registro.

Yo quiero honorables Senadores, leerles muy brevemente un párrafo de la Sentencia de la Corte Constitucional, la Sentencia C-19/99 del 14 de marzo del 2012, apenas hace un año, con ponencia del doctor Gabriel Eduardo Mendoza Martelo, quien hablando de la inversión extranjera, ha explicado la Corte Constitucional, que el empuje, que la inversión extranjera, da a las economías de los países en desarrollo, no solo se manifiesta en el incremento de la capacidad productiva, implica la recepción de nueva tecnología de maquinaria, de conocimiento especializado y de personal capacitado; adicionalmente absorbe mano de obra capacitada y no calificada e incrementa la base imponible en beneficio del aumento de los recursos tributarios del Estado.

La inversión extranjera en territorio nacional, vincula la economía local con la dinámica internacional, lo cual en términos generales evita su aislamiento del concierto mundial de mercado. Yo creo que más claro no canta un gallo, la Corte Constitucional está diciendo que es importante para un país la inversión extranjera en el sector agropecuario y dice por qué, de modo que a mí me parece que este proyecto, es un proyecto que beneficia al país, que permite que Colombia utilice mejor su tierra.

Cualquiera podrá decir que es que estamos escasos de recursos, de tierra para explotar, pero cuando uno mira las cifras queda es francamente abismado; el año pasado, por ejemplo, la encuesta del DANE de 2011, decía que en un solo año 700 mil hectáreas, óigase la cifra, pasaron de ser productivas a tierras de malezas y rastrojos, lo dice el DANE. Peor es el informe, cuando uno mira

la cantidad de tierras que tienen uso actual para agricultura, el uso actual de la agricultura son solamente 4.9 millones de hectáreas de un uso potencial de 22 millones de hectáreas; eso quiere decir que el uso actual de agricultura, solamente es el 5.2 y la inversión multinacional o extranjera no llega sino al 1%.

Por donde uno quiera y se le mire, este proyecto es beneficioso para el país, me parece que la metodología que propone el gobierno nacional, cualitativa antes que cuantitativa, va a permitir el desarrollo de unas zonas que hoy no tienen posibilidad alguna, si no es mediante la vinculación de esos recursos que quiera correr los riesgos, que quieran hacer una infraestructura que mejore las condiciones de vida de unas comunidades que permitan los desarrollos de unos proyectos productivos que generen los alimentos que hoy no se están generando para evitar las importaciones, que generen el empleo, que generen productividad y que generen riqueza para el país.

Un segundo tema que también abordábamos esta mañana es el de los proyectos asociativos, este es un tema bien importante, busca esos proyectos asociativos que se creen alianzas con los pequeños campesinos que puedan o quieran vincular sus parcelas a proyectos productivos. Hemos sido muy cuidadosos de mirar no solamente la sentencia, sino evitar que eso pequeños campesinos pierdan la propiedad de su tierra, que es lo que seguramente todo el mundo estaría muy celoso, vigilante que el campesino no vaya a perder lo que con tanto esfuerzo ha conseguido.

Si ustedes leen detenidamente el artículo 9° de este proyecto de ley miren lo que dice: “Los propietarios no podrán transferir el derecho de dominio ni aportar estos predios a sociedades o a patrimonios autónomos”; quiere decir que el campesino jamás va a perder la propiedad de su predio, jamás, queda escrito, es la ley, no va a perder su derecho de propiedad... “El riesgo financiero no podrá ser asumido por los propietarios de los predios asociados al desarrollo del proyecto”; quiere decir que si ese proyecto productivo contrata un crédito y el día de mañana hay un siniestro, no van a poder caerle o llegarle a esa propiedad de ese campesino que la vinculó al proyecto asociativo; el campesino va a asumir los riesgos financieros y por tanto no va a salir damnificado o perjudicado. A la terminación del proyecto, deberán obtener la devolución inmediata de todos los predios y las mejoras.

– En esta mañana que discutíamos en el desayuno, yo me imaginaba que en efecto ese campesino que entrega un predio a un proyecto asociativo el día de mañana qué va a pasar; resulta que todas las mejoras que se le hayan hecho al predio son para sí, son para él, no son para que se las pueda llevar el proyecto asociativo; no es cierto como se dijo que iba a salir damnificado, va a conservar la tierra, no está en riesgo el cobro financiero, las mejoras son para él, los propietarios de los proyectos pro-

ductivos podrán trabajar o no en él, vale decir que si quieren laborar como empleados pueden hacerlo o si quieren no lo hacen, pero tienen esa doble condición de tener una ganancia porque aporta su parcela a un proyecto productivo, y tienen adicionalmente la posibilidad de laborar en ese proyecto.

Igual se dice del área de su vivienda, en lo posible que no pierda su vivienda y si va a ocurrir, es necesidad, tendrá que darle una igual o mejor en equipamientos colectivos. También se está diciendo que busca que estos proyectos productivos puedan tener un gran desarrollo y que el Estado incluso pueda ayudar al mejoramiento de las condiciones de vida de las personas que resuelvan participar de esos proyectos productivos.

Estos temas realmente son de los que uno quisiera ver permanente en este Congreso de la República, yo he sido muy crítico y he cuestionado mucho cuando se han tomado medidas que han lesionado a los campesinos y de eso pueden dar fe ustedes; en este tema no tengo sino que pedirles, a ustedes honorables Congresistas, que le demos aprobación, no solamente en lo que tiene que ver con el capítulo de inversión extranjera en el sector agropecuario, sino también con lo que tiene que ver con los proyectos asociativos.

Nosotros tenemos que mandar una señal muy clara al país sobre lo que debe ser la inversión extranjera en Colombia, en el sector agropecuario, estos proyectos que se presentaron en su momento condujeron a que se paralizaran muchos proyectos que venían en marcha en el país, yo no creo que eso es lo que nosotros estemos buscando. A mí me parece que al contrario, debería haber toda una suerte de proyectos que generen empleo, que generen posibilidades de mejorar las condiciones de vida de los colombianos, de esos campesinos que están abandonados a su suerte y que en buena hora una inversión bien hecha, controlada por el Estado, pueda ser la solución para salir de sus problemas y de sus afujias y de sus angustias. Por eso yo no dudo un segundo en pedirle a ustedes, honorables Congresistas, que le demos aprobación en primer debate a este proyecto de ley.

– Seguidamente interviene la Presidenta de la Comisión, Senadora Nora García Burgos y precisa:

Senador, Luís Emilio Sierra, creo que usted hizo un análisis muy certero, muy claro sobre el proyecto. En la mesa directiva tenemos dos proposiciones, una que dice: Elimínese del artículo 1º, la parte final que dice: Establece normas sobre baldíos e interpreta la Ley 160 de 1994. De la misma manera elimínense los artículos 11 y 12 del citado proyecto de ley. Esa fue la parte que usted habló que se iba sacar de baldíos, entonces la proposición está leída para cuando llegue el momento, poderla analizar.

La otra proposición es, corríjanse los numerales contenidos en los incisos dos del artículo 3º; 2º y 4º del artículo 4º, y uno del artículo 9º del Proyecto

de ley 164 de 2012 Senado, “por la cual se expiden disposiciones generales sobre inversión extranjera en el sector agropecuario y se dictan otras disposiciones”, en el sentido de que la numeración de los mismos sea la que corresponda al orden numérico natural. O sea, esto es corrección de número, entonces para tenerlas en cuenta que son las dos proposiciones a la hora de aprobar el articulado.

– Solicita el uso de la palabra el Senador Jorge Robledo Castillo y señala:

Yo diría que este es uno de los peores proyectos que yo haya visto en muchos años en Colombia y lo voy a explicar por qué; porque pareciera que este es un debate que solo tiene que ver con extranjerización de la tierra y asociación, pero resulta que este es un debate que tiene que ver con uno de los más escandalosos episodios de corrupción de la historia de este país. Así de grave es este asunto, señores Senadores y Senadoras, y les voy a rogar que presten toda la atención porque pretendo que al final cada quien vote como quiera y también pretendo que aquí no haya inocentes y que nadie pueda decir que no sabía qué es lo que se está discutiendo exactamente.

Este es un proyecto que se menciona de extranjerización pero dice también y de otros asuntos; los otros asuntos tienen que ver con gravísimas cosas sobre baldíos y sobre despojo de sectores importantes del campesinado colombiano. Para que ustedes vean los alcances de este proyecto de ley, este es un proyecto de ley que se presenta por segunda vez, muy similar, el Ministro de Agricultura, doctor Juan Camilo Restrepo; el primero lo hundió la Corte Constitucional porque amenazaba a los campesinos, y este segundo es montado contra los campesinos. Pero además este es un tema de baldíos que tiene que ver con esto, hoy en Colombia hay pleitos gravísimos, inclusive de índole penal, que involucran a empresas como la de Efromovich en La Gloria, en el Cesar; la famosa esa de Las Pavas de Danón en Bolívar también está involucrada en este asunto; las tierras del Fondo Ganadero de Córdoba, en Urabá, ilegales también, son parte de este asunto.

Hay gravísimas acusaciones contra Argos por tierras en los Montes de María, hay también procesos, ya incluso penales, que avanzan en la Fiscalía contra empresas como Polygroup, por ejemplo, que yo creo que es una falsa empresa extranjera que opera en Colombia. Otras tierras de los Carranza, en El Porvenir en la zona de Puerto Gaitán, la hacienda La Fazenda en los llanos orientales; todas estas son inmensas propiedades que están involucradas en actos de ilegalidad y de corrupción, o sea que estamos hablando de cosas mayúsculas, que este proyecto como lo voy a explicar yo, tiene que ver con ellas y apunta a darle salida a esas tierras.

Pero ojo a este dato Senador Name, tengo en mi oficina todos los papeles que usted quiera al respecto, mostrando este detalle Ministro de Agricultura, usted lo debe saber, porque los sabía el doctor

Juan Camilo Restrepo y lo sabía el Presidente de la República. Hace un tiempo Ríopaila Castilla que es uno de los más grandes ingenios azucareros del Valle del Cauca, prestó una plata importante del orden de miles de millones de pesos, y con esa plata de miles de millones de pesos, se constituyeron 25 SAS, 25 Sociedades Anónimas Simplificadas, que como son anónimas no se sabe de quién son, pero su representante legal sí es un funcionario de la que puede ser la primer firma de abogados de Colombia.

Esas 25 SAS, después se vendieron en España, todo esto aconsejado por esa importante firma de abogados; se vendieron en España y terminaron a partir de eso montando un holding con sede en Luxemburgo, uno de esos horripilantes paraísos fiscales del mundo, y ese holding, según la revisora fiscal de Ríopaila Castilla, pertenece a Ríopaila Castilla. Ahora, cuál es el problema, los privados están en el derecho de hacer negocios como quieran, cuál es el punto, es que esas 25 SAS adquirieron 37 predios para sumarlos en un solo gran predio, cosa que era por completo ilegal porque ustedes saben bien en esta Comisión que existen restricciones sobre baldíos que los reducen al tamaño de una unidad agrícola familiar.

¿Saben qué firma fue la que organizó este producto? así la llaman los financieros a este tipo de cosas porque se repite por todas partes y eso es una cosa que espero poder hacer en un debate, Señor Ministro. Saben cuál es la firma que montó este producto que llaman, ¿Que está allá absolutamente demostrada en Ríopaila Castilla?, Brigard y Urrutia, que es la firma del señor Embajador de Colombia, en Washington, que es uno de los tres mejores amigos del Presidente Juan Manuel Santos. Este es el lío que tenemos aquí y probablemente esto explique tanto afán del doctor Juan Camilo Restrepo, para legislar en esto asuntos, herencia que yo esperaba que usted rechazara, ministro, pero veo que la ha asumido sin inventario.

Entonces fíjense mis estimados Senadores, de la Comisión Quinta, que aquí estamos hablando de cosas bastante más complejas, de si se le vende una tierra a un místico o no se le vende una tierra a un místico; estamos hablando de cosas bastante más complicadas, que ellas están en manos de los jueces de la república y sobre las cuales espero poder tener un tiempo para hacer un debate a profundidad de este asunto.

Este proyecto de ley termina favoreciendo las concepciones, las políticas económicas que ha estado estimulando Brigard y Urrutia, el embajador de Colombia en E.U., y por eso es que me interesa, en buena medida, parcialmente este debate, porque cuando las cosas indebidas tratan sobre actos indebidos de uno u otro personaje, bueno, pero cuando estamos hablando de políticas, de productos como llaman los banqueros, y cuando estamos hablando de políticas del Estado Colombiano, por supuesto que el deber de los congresistas es bastante más grande. Esto lo he dicho simplemente para intro-

ducir y explicar un poquito en detalle cómo es que es la historia, yo quiero que ustedes sepan cómo es la evolución de este asunto y cómo es que se ha ido moviendo, porque o sí no, no se entiende.

Yo tengo con este proyecto dos pleitos distintos, un pleito sobre el procedimiento y un pleito sobre el contenido del proyecto; sobre el procedimiento cuál es el pleito que yo tengo, yo intenté ser ponente de este proyecto y no pude, este es un proyecto tal vez único en la Comisión Quinta, que tiene un solo ponente, yo no pude que a mí me nombraran ponente de este proyecto, cosa que por supuesto pone en desventaja la discusión. Pero además este es un proyecto que se quiere votar hoy a rajatabla, hice todos los esfuerzos por convencer al Ministro de Agricultura que permitiera que esto se discutiera con tranquilidad, pero no, hay que votarlo hoy, hay que sacarlo de la Comisión hoy, hay que alejarlo de la mirada del Senador Robledo hoy, cuando es un proyecto que además no puede de ninguna manera, convertirse en Ley de la República antes del 20 de junio; entonces cuál es el afán, cuál es el desespero, por qué hay que legislar sobre eso.

Y vamos a ver que la cosa es más complicada que la extranjerización, aquí hay cinco cartas de organizaciones agrarias y de ONG, que piden que se haga audiencia pública sobre este proyecto antes de votarlo; es un criterio elemental, es de pública aceptación en Colombia que sobre los proyectos debe haber audiencias públicas, y el ministerio está presionando para que esto se vote hoy aquí, sin audiencia pública. Yo quiero preguntar cuál es el desespero, cuál es el afán, que el ministro nos diga cuál es el desespero y cuál es el afán, cuando estamos hablando de cosas de la gravedad de las que estamos hablando aquí.

En segundo término, el proyecto no tiene unidad de materia y esto me parece gravísimo, o sea, tras la extranjerización lo que montan es una especie de reforma al agro colombiano y a toda la política de baldíos, calculada para despojar a los campesinos colombianos y espero que y ustedes tengan la paciencia para yo explicarlo. De entrada yo no sé cuál es el desespero de aprobar otra ley sobre extranjerización, es que este semestre aprobamos una que yo creo que fue por unanimidad, hoy está para votar en la Plenaria, está en el orden del día. Si al Santismo no le gusta esa que está para votar, pues cámbiela en la Plenaria, pero cuál es el desespero por votar otra hoy de extranjerización. Y esa que está allí cumplió todos los trámites, la votó la Comisión Quinta, los ponentes la Senadora Daira Galvis y yo la firmamos, y está allá haciendo trámite y sin embargo se monta una especie de desespero sobre esto.

Pero yo voy a decir una cosa, la posición mía sobre extranjerización es conocida, yo soy suficientemente crítico, esa ley que está para votar en la Plenaria es una ley que le pone unos controles a la extranjerización, yo pienso que eso es sensato, pero yo no voy a hacer un debate sobre extran-

jerización porque es que aquí lo hay detrás es la parte más complicada de este asunto; porque una cosa es que se extranjericen las tierras y otra que se las roben, son dos cosas completamente distintas, o que haya un gran montaje para desmontar al campesinado colombiano, ese es el debate que yo estoy haciendo aquí en este momento y espero que se me permita explicarlo, sin afán.

Sobre baldíos y sobre campesinos, este proyecto que estamos discutiendo tiene dos aspectos, los voy a mencionar como lo presentó el Ministro Juan Camilo Restrepo; una parte tiene que ver con cómo asociar a ciertos campesinos, no más, a los de los baldíos, no es a todos, a los de los baldíos y a los de la reforma agraria, que son campesinos que tienen sus parcelas protegidas contra el despojo de los grandes; es a esos a los que quieren asociar con los extranjeros, no es a todos. Y tiene un segundo aspecto el proyecto, que es una norma -la voy a explicar más adelante y con detalle-, calculada para legalizar todas las ilegalidades que en baldíos se hayan cometido antes del año 94 en lo que tiene que ver con al UAF y desde el año de 1961.

Ahí se trata, dice la Comisión de Seguimiento al Desplazamiento, se trata de cambiar las normas sobre 18 y medio millones de hectáreas de este país, y esto me lo van a pupitrear aquí a las carreras. O sea, esto no es un debate sin afanes con audiencias con los medios de comunicación opinando con toda tranquilidad. Cuál es el caso, el caso es este, desde la Ley 135 de 1961, y eso lo confirmo después esa lógica, la Ley 30 de 1988 y la 160 de 1994 y está en la Constitución Nacional; se señala con toda claridad que las tierras baldías del Estado deben beneficiar principalmente a los campesinos, a los pobres del campo, eso dice con todas las letras, esas leyes podrían entrar en detalles, pero no quiero, digamos, extenderme demasiado en lo que estoy diciendo.

Y no solo dice que los baldíos del Estado solo le pueden entregar a pobres del campo, sino que además dice que si un pobre del campo de esos al que le dan baldío en áreas pequeñas, en áreas de UAF que es por definición un área relativamente pequeña, que si esos compatriotas quieren vender esos predios, tendrán que vendérselos a otro como ellos, o sea a otro pobre, pero que esos predios no podrán sumar para montar haciendas de proporciones descomunales; y esto que rigen para los baldíos, rige también para los planes de reforma agraria, que es la otra manera como los campesinos en Colombia han accedido a las tierras; de dos maneras, o les adjudican baldíos o tierras de reforma agraria, lo de reforma agraria es mucho menos.

Las leyes tienen una lógica, que es mantener en el mundo de la economía campesina esas propiedades, o sea, la ley en Colombia, digamos en cierto sentido, defiende una idea que defendemos en el Polo, es que aquí debe haber una economía agraria de tipo dual, de empresarios que inclusive podrían ser hasta extranjeros y de campesinos. Ese es, digamos, el entuerto con el que se tropezaron todos

estos defraudadores y asaltantes de las tierras que es de los campesinos y del patrimonio público, que no puede comprar tierra de campesinos de reforma agraria o de baldíos para montar haciendas, eso lo sabe muy bien el Secretario de la SAC, esto es el tema que se está en discusión.

Y qué pasó, eso dicen las normas, pero como las normas en Colombia, normalmente se las vuelan, pues en Colombia ha venido avanzando por el camino una política de despojar a esos campesinos individualmente tomados de sus tierras, pero al campesinado en su conjunto del derecho, porque es que la idea de que las tierras no pueden volverse haciendas, es, digamos, un derecho campesino, en general, de la clase campesina, de quienes son propietarios libres de sus parcelas, pero no son empresarios sino que trabajan con sus manos, es una concepción a mi juicio democrática que hay que defender.

Pero qué ha pasado, en la práctica, durante muchos años, hubo una especie de despojo de esos campesinos o de violación de las normas, yo lo llamaría como de tipo artesanal, entonces alguien en algún sitio, no sabía muy bien la cosa, le compraba la tierra a un campesino, o sí sabía pero digamos que era una cosa como improvisada, no aparecían las grandes firmas de abogados de Bogotá, organizando el asunto, ni era con Sociedades Anónimas Simplificadas, ni con holding en Luxemburgo, sino que era un negocio lleno, a mi juicio, de cosas indebidas, pero digamos artesanal.; entonces un piloto de aviación que se montaba por allá y compraba unas fincas y no sé qué. Las normas también decían -quiero enfatizar-, no se le pueden entregar baldíos en Colombia por encima de una UAF a nadie y cualquiera que reciba un baldío en Colombia desde la Ley 94 para acá, incluso desde antes, tiene que demostrar que es un pobre del campo. O sea, un banquero no puede ser beneficiario de estas normas de los baldíos.

Que fue lo que pasó en los últimos años, que claro, algunos abogados descubrieron como ya he dicho, un nuevo producto. Cuál fue el producto que descubrieron y el que andan vendiendo por las oficinas de las grandes empresas y ya salieron a venderlo al extranjero también; es, cómo pasarse por la faja esta norma, o sea, cómo sumar UAF que no podían sumar, más otro montón de ilegalidad. Yo les quiero decir esto, yo quisiera por ejemplo que este proyecto no se votara antes de que oyéramos aquí, se lo digo, esta mañana al Ministro, al Superintendente de Notariado y Registro, que es un colega, un copartidario de ustedes, Senadores, de la mayoría, que fue miembro de esta Comisión, que dice que hay 60 formas distintas de robarse los baldíos en Colombia.

Jorge Enrique Vélez, que dice que las tierras estas baldías, se las apropian indebidamente las FARC, los paramilitares y los delincuentes de cuello blanco. Yo le pregunto a esta Comisión, es sensato que nosotros legislemos sobre estos temas sin que el Superintendente nos explique qué

es lo que pasa, que legislemos sobre estos temas cuando la Directora de tierras del Incoder –y aquí tengo al cita– dice que el Incoder no sabe cuántos baldíos hay, no sabe quién los tiene, no sabe en qué circunstancias están. O sea, eso es el caos, ¿Y vamos a legislar sobre eso?, yo pienso que no debería ser, vamos a ver que si vamos a legislar sobre eso.

Entonces, la estrategia de qué hacer frente a esta realidad, ya la estrategia que yo llamo la estrategia profesional, industrial, la orientó el doctor Álvaro Uribe Vélez, cuando era Presidente de la República, en un discurso famoso que es el discurso de las Fazenda, una de las haciendas en estos problemas en los llanos orientales. Qué dijo el doctor Uribe, en ese discurso, primero, que son tierras ojalá para la extranjerización; segundo, que las vamos –dijo– a colmar de Agro Ingreso Seguro. Tercero, que les vamos a dar zonas francas para que no paguen impuestos sino el 15%.

Pero agregó, el lío que tenemos es que las normas legales nos impiden montar haciendas de 30, 40 mil hectáreas, son las cifras que él da, que no pueden porque las normas legales se los impiden; y agrega, le hemos echado cabeza a este asunto con el Ministro de Agricultura, doctor Arias, y no encontramos solución. Yo creo –dice él– que la solución es utilizar figuras de arrendamiento que nos permitan montar haciendas de 30, 40 mil hectáreas. Y no entra en más detalles. El lío que tengo –dice Uribe–, es que yo no tengo condiciones políticas para probar esto.

Claro, porque él bien sabía que con los niveles de la oposición en ese gobierno, si tira esta cosa que yo llamo, es un despojo descomunal, el país se pone patas arriba y se vuelve al revés, y entonces dejó, digamos, ese santo quietecito, ministro; ustedes saben todas estas historias, estoy seguro.

Qué sucedió, entra a la dirección del Ministerio de Agricultura el doctor Juan Camilo Restrepo, con la Presidencia de Juan Manuel Santos; todo perfecto, no nos parecemos en nada a la pasado, aquí llegó toda bondad y toda belleza y toma la primer decisión a las escondidas en el Plan de Desarrollo; eso lo repudió la Corte Constitucional, en el fallo del que estamos hablando. A las escondidas, metido, a las escondidas en el Plan de Desarrollo, sin que se discuta en esta Comisión, se cambian tres artículos de la Ley 160 para qué, primero, para poder entregar baldíos en cualquier hectareaje y a cualquier persona nacional o extranjera. Palabras mayores.

Segundo, para volver socios a los beneficiarios del Incora o de las tierras baldías, volverlos socios de cualquier magnate nacional o extranjero que era por supuesto la forma de cubrir aventuras como estas que ya he mencionado, porque entonces claro, no es que su hacienda sea el producto del despojo de unos campesinos para poder sumar una hacienda y pasar de una UAF de 800 hectáreas o 700 en los llanos orientales o menores en otros sitios, sino que es que los campesinos se asociaron

con la transnacional o con el banquero colombiano y así se montó una hacienda; la alianza del toche con la guayaba madura.

Aquí se aprobó sin, prácticamente, ningún debate en el Congreso de la República; con el Representante a la Cámara Wilson Arias y este Senador, demandamos en la Corte Constitucional por ilegales estos tres artículos, y oh sorpresa, la Corte Constitucional nos dio la razón y nos dijo que eso era completamente ilegal, indebido, que eso amenazaba las propiedades de esos campesinos etcétera. La Sentencia tiene como 250 páginas, puede leerla quien quiera; pero eso fue lo que dijo la Corte Constitucional, no el Senador Robledo.

Ahora, la Corte Constitucional no se adentra en el tema de extranjerización porque esa no era la demanda, y la Corte Constitucional tampoco habla de los despojos de los que estoy hablando por que esa era otra historia, pero la Corte Constitucional hundió eso que hizo aprobar el doctor Juan Camilo Restrepo; y entiendo que acaba de salir un concepto del Consejo de Estado, también, con los pelos parados de punta y diciendo, pero qué es lo que están haciendo, de qué trata este asunto. Estos son entonces los antecedentes de esta situación de las que estamos hablando.

Yo sigo llamándoles la atención sobre una cosas, Senadores, yo ni siquiera pido en que nos pongamos de acuerdo sobre el contenido del proyecto, estoy llamándole la atención a ustedes, que son mis colegas a que miren esto con detenimiento y con tranquilidad, y no vayan a terminar ustedes de gancho ciegos, metidos en qué sabe qué cosas que se estén moviendo en este país; o quién sabe qué cosas no, las que se están moviendo, porque es que se están moviendo.

Qué dice el proyecto de ley, la propuesta del Ministro Juan Camilo Restrepo, dice básicamente tres cosas; la primera que aquí se ha mencionado, que tienen pensado retirarla; pero quiero contar qué dice, porque es importante ver en qué es en lo que están pensando. De acuerdo con todas las interpretaciones, incluso, remontándose a una ley del año de 1884, esa medida de la UAF y esa de no poder hacer haciendas con la UAF, rige por lo menos desde el año de 1961, hoy un funcionario del Ministerio de Agricultura nos dijo que regía por lo menos desde el año de 1961, según la interpretación que hace el Consejo de Estado y esta es la misma interpretación que hacen los abogados de mi oficina.

Entonces el doctor Juan Camilo Restrepo, fresco él, mete en este proyecto de ley un articulo, para decir que solo rige del 94 hacia acá, y eso le cambia la condición jurídica a 18 y medio millones de hectáreas en este país. Que hoy, dentro de ellas puede haber un mar de cosas ilegales, yo no sé cuántas hay, yo no voy a decir que cada hectárea originada en baldíos sea ilegal, eso hay que mirar caso por caso; parte del problema que tenemos es que la Superintendencia no sabe, ni el Incoder sabe, ni nadie sabe; entonces nos tiene legislando

sobre lo que no sabemos, pero los riesgos son inmensos, y por supuesto que modificar eso que quiso modificar el Ministro Juan Camilo Restrepo, es fácilmente sanear un robo de tierras absolutamente descomunal. Yo uso la palabra robo un poco en sentido coloquial porque yo soy arquitecto; en una violación de la ley, yo no sé eso cómo se llamará exactamente, hurto calificado, no sé, violación a resolución judicial, como se llame; pero un acto de corrupción, es lo que quiero señalar finalmente aquí.

El segundo punto que tiene el proyecto de ley, es que dice que los baldíos solo se le podrán entregar a personas naturales y eso pareciera protegerlos de transnacionales, porque las transnacionales no son personas naturales sino son personas jurídicas; pero qué es lo que sucede, que lo que vamos a ver aquí es que lo que están montando, es que esos baldíos se los terminen apropiando las transnacionales es por la vía del arrendamiento, que es la otra parte para seguir mostrando que esto sí tiene que ver, Senador Sierra, sobre baldíos.

Qué es lo que dice la norma, ojo, sólo se refiere a campesinos de tierras baldías y de reforma agraria, a ninguno más; eso que quieren asociar con las transnacionales, las alianzas del pájaro con la guayaba madura, es solo para campesinos de reforma agraria y de baldíos del Estado; o sea, la única tierra que el Estado le ha dado a campesinos, que es la de baldíos y es la de reforma agraria, entonces se la quieren entregar a las transnacionales.

Se dice aquí que van a preservar el título sobre sus tierras, sí, es probable que preserven el título sobre sus tierras, pero dejarán de ser señores y dueños de esas tierras, dejarán de ser campesinos para volverse, si bien les va, jornaleros o, -y este es un término que acuñó Luis Jorge Garay- rentistas paupérrimos. Esto también está metido en la Ley de Restitución, "rentistas paupérrimos", entonces a un campesino del fin del mundo le cogen 2, 5 o 10 hectáreas, se las entrega a una transnacional y le depositan una renta por ahí en alguna de las oficinas de don Luís Carlos, o la hacienda puede ser para el próximo Luis Carlos. Y me dicen que ahí le están respetando al campesino su condición, yo no creo eso, no acepto esa cuestión.

O sea, este es un proyecto calculado para despojar al campesinado, la economía campesina, para que el campesino no sea señor y dueño, para que el campesino sea o peón o aparcerero o rentista paupérrimo de una transnacional. Esto qué es, Senadores, esto es el colmo, si no hubiera más tierras en toda Colombia para hacer extranjerización, yo hasta podría entenderlo, pues no lo aceptaría ni lo entendería tampoco, corrijo; pero cómo así que entonces la extranjerización se tiene que hacer sobre las tierras de la reforma agraria y se tiene que hacer sobre las tierras de los baldíos, de los colombianos, cuál es el afán de despojar a esos compatriotas.

Alguien me dirá, es que los campesinos son unos ineficientes y no saben, bueno, aquí hay un

problema complicado con la estadística, Colombia tiene la concentración de la tierra peor del mundo, tiene un gini de (punto) 87, 5 y tiene 21 millones de hectáreas subutilizadas; entonces no me digan que en Colombia la concentración de la tierra es sinónimo de explotación eficiente de la tierra, doctor Forero, porque eso no lo puede decir la SAC, ni lo puede decir nadie.

Y porque ya tengo, también, todas las pruebas para demostrar que el grueso del negocio agrario en Colombia no es agrario sino especulación inmobiliaria; en eso es en lo que están y ese es en buena medida todo el juego de la altillanura y de todas partes; consiguiendo tierras para valorizarlas mediante la acción el Estado y ganarse un platalo no por la agricultura ni por la ganadería, sino por la especulación inmobiliaria, y mientras tanto los que defienden eso, al mismo tiempo le abren las puertas de par en par a la agricultura extranjera, a los productos extranjeros, para que arruinen a nuestros empresarios y a nuestros ganaderos.

Se dice, es que es una asociación libre, que el campesino decide, por favor, Senadores, entre mayores de edad. Yo les hago una pregunta sencilla, esos contratos de arrendamiento de esas transnacionales nunca serán a menos de 20, 30 o 50 años. Qué sucede si un campesino firma con Cargill o con cualquier transnacional, un contrato a 30, 40 o 50 años arrendando sus tierras, ¿Seguirá siendo campesino ese personaje? serán sus hijos campesinos o terminarán viviendo en los barrios de invasión de las grandes ciudades ¿Mientras las transnacionales se quedan con las tierras?

Ya voy a terminar, Senadora Nora, me excusan, pero yo hubiera preferido hacer esto en unas condiciones distintas, ustedes quisieron que se hiciera así y estoy llamando la atención sobre asuntos que son supremamente graves.

Entonces aquí qué es lo que hay al final de este proyecto, es que sin saberse qué va a pasar con todos estos despojos de los que ya he hecho denuncia, en los que está involucrado el propio Embajador de Colombia en Washington; lo que están cuadrando es que esas tierras que no han podido embolsillárselas de otra manera, se las van embolsillar con el cuento del arrendamiento. No es ni siquiera comparable con lo de la palma, porque en ninguna parte se establece ese tipo de contratos ni nada que se parezca; es más, dice la norma, que si el campesino estorba, tendrá que cambiar su casa del sitio donde está porque si la necesita la planta de producción tendrá que cederla, eso dice el contrato.

Entonces yo termino diciendo esto, yo creo que estamos ante un proyecto que a mí me parece realmente miedoso, azaroso, que lo menos que debería permitir es un debate tranquilo, sin afanes, de coger artículo por artículo, mirar cómo serían esos contratos si van a insistir en eso. Yo insistiría además, separen el tema de extranjerización del tema de baldíos, es que esos son dos asuntos completamente distintos, por qué hay que meterlos juntos.

Me va a decir que los inversionistas extranjeros que traen son tan buenos, que ¿si en ello no incluye despojar un pobre no vienen?, entonces qué tipo de inversionistas extranjeros van a traer aquí.

Ya dije, que por ejemplo en el caso de Río Paila Castilla, es una falsa extranjerización, son platas de nacionales de Colombia movidas a Luxemburgo para comprar tierras en Colombia y metérselas como si fueran inversión extranjera. O sea, llamo a la sensatez a esta Comisión, yo entiendo que el látigo del gobierno tiene bolas de plomo, pero no pienso que debieran ceder en este momento ante esto, y simplemente unirnos en la idea de que estas cosas se van a mirar con despacio, que se permita que el proyecto se debata. Yo repito, cuál es el afán Señor Ministro, cuál es el afán, yo entiendo que estos personajes que están empapelados hasta el alma tengan afán; pero es que el oficio de la Comisión Quinta no es legislar para tener contentos a unos cuántos personajes que están empapelados hasta el alma.

Concluyo entonces diciendo, el Polo Democrático Alternativo deja la constancia de lo que está pasando. Insiste en cuatro ideas; primero, que no se legisle sobre esto mientras no se sepa qué es lo que pasa, y todas las autoridades de Colombia han dicho que no saben, y están en trance de averiguarlo porque se supone que hay unas investigaciones que están estableciendo cosas. Segundo, respetar los derechos del campesinado como clase social, y eso no es volverlo rentista, los campesinos colombianos no quieren que los vuelvan rentistas; es decir, ir cada mes a una corporación de ahorro y vivienda a cobrar un arriendo, eso no es economía campesina, entonces, ¿en eso es lo que va a terminar Boyacá?, o sea, todos los boyacenses campesinos viviendo en Ciudad Bolívar y cuatro magnates con las tierras ¿y les pagan un arriendo miserable cada mes?, ¿eso es lo que queremos aquí en la Comisión Quinta?, bueno, ese es el proyecto.

Tercero, y esto se me olvidaba decirlo, no es solo para la Orinoquia, para la Altillanura, rige para toda Colombia, incluido el Atlántico, esto rige para todo el país; aquí no es solo que es que allá en los Llanos necesitamos eso, rige para toda Colombia y en todo Colombia con esto van a despojar al campesinado. Con una cosa más, yo creo que esto puede propiciar una nueva oleada de sangre en Colombia, de violencia, porque los violentos hoy saben que ellos tiene un lío para despojar a esos campesinos, y es que no tienen cómo resolver el problema legal; pero si despojarlo simplemente significa que el campesino entregue en arriendo su tierra, eso es todo lo que hay que hacer, porque esto rige también para esos casos; no nos sorprendamos si hay más violencia en Colombia organizando grandes haciendas con el cuento de que son accionistas o no sé qué vainas, de las empresas que los despojan.

Yo sé que aquí hay un problema complicado, de mil ilegalidades, de mil historias, décadas, et-

cétera, y yo entiendo que el país tiene que hacer esfuerzos por desentrañar qué es lo que pasa y tomar decisiones; pero yo creo que hay que tomar decisiones sin afanes, con las cartas sobre la mesa, qué se va a hacer en cada sitio. Yo definiendo la producción empresarial, ¿pero estamos hablando de producción empresarial de 50 mil hectáreas, de 100 mil hectáreas?, o sea, ¿de la Orinoquia están excluidos los llaneros?; yo pienso en un desarrollo democrático de la Orinoquia donde pueden haber grandes, pero y los demás qué, ¿esos no caben?, ese es el debate que también estamos haciendo en este proyecto, este proyecto tiene que ver con absolutamente todos los asuntos del mundo agrario.

Entonces insisto en mi llamado, dejemos este proyecto así y volvámoslo a mirar el semestre entrante sin afanes, trayendo a los especialistas a que nos hablen aquí, que venga el Superintendente Jorge Enrique Vélez y nos diga cómo es que es el robo de la tierra, cómo es que funciona, quiénes son, cuántos son; que venga la Señora del Incodec, la doctora Villegas, y nos diga qué es lo que está pasando, que nos cuente cuántos procesos. Por ejemplo, este caso que mencioné yo aquí, ya está en la Fiscalía por cuenta de corrupción de funcionarios del Incodec; todo eso yo creo que tenemos que mirarlo, cuáles son las implicaciones de estas normas.

Ese es todo mi pedido, yo sé que al final seguramente no vamos a estar de acuerdo, pero yo repito, lo mínimo es que estas cosas se discutan sin afanes, y no hay una sola razón que diga que esto se debe pupitrear este día aquí, no hay una sola razón sensata. Y llamo la atención, cosas demasiado graves como las que yo he mencionado aquí, se están moviendo aquí y se mueven a todo lo largo de la geografía nacional.

Acto seguido la Presidencia le concede el uso de la palabra al Senador José David Name Cardozo, quien señala:

Yo quiero proponer que por la premura del tiempo, no sé si los demás compañeros están de acuerdo y le podamos votar esto al gobierno hoy; primero, yo lo haría con la salvedad que voy a estudiar cada una de las denuncias que hizo el Senador Robledo, porque el proyecto no lo he podido mirar claramente, se le han hecho unas modificaciones, pero yo lo votaría con esa salvedad; y con la segunda salvedad, que para el segundo debate, para el debate de Plenaria, se nombrara un ponente de cada partido político. Yo con esas dos premisas, la primera salvando la responsabilidad que en Plenaria después que lo miren, voy a tomar una determinación, ahora lo hago para acompañar al gobierno, para acompañar al Ministro, pero yo en Plenaria sí miraría con mucho cuidado el proyecto, y la otra propuesta que le hago es, que nombren un ponente de cada partido para que le podamos dar un debate interno para la Plenaria del Senado.

Interviene el Senador Luis Emilio Sierra ponente del proyecto, diciendo:

Vuelvo y repito, todo el tema de baldíos que estaba en el artículo 11 y en el artículo 12, fue eliminado mediante una proposición que usted tiene ahí señor Presidente, hay una proposición donde dice que se elimine todo ese sistema que tenía que ver con el asunto de tierras y de baldíos que aquí tan profusamente analizó el doctor Robledo y que yo comparto; todas esas posibles situaciones anómalas no están para que el Congreso las coadyuve.

Por eso dijimos esta mañana y vuelvo y lo repito, no sé por qué volvimos a traer el tema aquí a esta Comisión; dijimos, todo ese tema se suprime y que sea el Estado el día de mañana, el que haga un gran debate sobre tierras; que se siente el Congreso de la República, el Gobierno Nacional, en cabeza del Ministro de Agricultura con el Señor Presidente de la Corte Constitucional, del Consejo de Estado, y le dé una salida al país en todo lo que corresponda con el tema de tierra; por eso dijimos, ese tema no va, entonces quiero darle claridad a la opinión pública, a la gente que nos está viendo, ese tema absolutamente no va en este proyecto de ley.

Dos, doctor Robledo no diga que es el único caso donde ha habido un único ponente, le voy a decir, en el día de hoy, en dos proyectos que analizamos hoy ha habido un único ponente: *por el cual se da el sistema nacional de identificación, información y trazabilidad animal*, ponente Juan Córdoba, y la doctora Maritza se acaba de ocupar de uno, del tema de mercurio. Solamente en el día de hoy, dos casos, de modo que no es el único caso donde es un único ponente.

Cuál es el afán a rajatabla –dice él– de votarlo hoy, sin audiencias públicas. Cuántas audiencias públicas tuvo el Proyecto de ley del doctor Juan Lozano, ninguna, y era sobre el mismo tema, ¿ese tema sí se ha analizado aquí?; este es un tema que ya lleva seis meses, que lo hemos debatido, lo hemos analizado; es si se quiere el mismo asunto, obviamente con diferentes perspectivas, diferentes análisis y diferentes ópticas. Claro, el otro tiene un tema cuantitativo, este es un tema cualitativo, luego si estamos hablando del tema de extranjerización que es al que nos debemos circunscribir, este sí es un tema que se ha analizado y se ha debatido.

El del doctor Juan Lozano, qué pena decirlo, pero tampoco tuvo audiencia pública, ojalá la tenga en el segundo debate. Estoy de acuerdo con usted doctor José David Name, la idea que tenemos y siempre lo hemos dicho, usted no estaba cuando lo dijimos, la idea es que este proyecto alcance al que ya se aprobó aquí en primer debate del Senador Juan Lozano, se fusione para segundo debate y que se nombren todos los ponentes que corresponda, para salir con un único proyecto que le dé respuesta a una necesidad sentida que hay en el país, de dictar las normas claras en materia de inversión extranjera en el sector agropecuario.

¿Qué es un proyecto contra los campesinos?, yo muy amablemente vuelvo y se lo digo, aquí tenemos usted y yo diferencias filosóficas e ideológicas respetables, yo respeto su posición, espero que usted respete la mía; usted quiere seguir con un modelo como el que hoy está viviendo el país, con unos campesinos que tienen unas pequeñas parcelas, tienen su UAF, donde escasamente tienen su mata de plátano, su mata de yuca y una vaca, en una economía de subsistencia. Si a ese campesino le decimos, vincule esa parcela a un proyecto productivo donde le mejore sus condiciones de vida a un proyecto productivo, donde le mejore sus condiciones de vida, donde venga una inversión que le permita hacer una mejor infraestructura, donde mejore su tierra, donde haya una productividad, donde genere un empleo, donde le genere un ingreso; yo prefiero ese modelo, ese modelo a mí me gusta más, que ese modelo de campesinito que se quedó ahí toda la vida produciendo una mata de plátano una mata de yuca y una vaca.

Respetable, a usted le gusta ese modelo, a mí no me gusta. A mí me parece que hay que darle las oportunidades al campesino de progresar, sobre la base de que no pierde su tierra; ahora el proyecto solamente 30, 40, 50 años dice el Senador Robledo, yo no diría que ese es el tiempo que se va a tomar ese proyecto productivo de esta naturaleza; yo diría que quien tiene la responsabilidad de saber qué clase de inversión va a ser, es ese Concejo que estamos creando; para eso va a estar el Ministro de Agricultura, el Director de Planeación Nacional va a estar el Señor Superintendente de Notariado y Registro y dos asesores del Gobierno Nacional para calificar la pertinencia o no de esas inversiones extranjeras en el sector agropecuario.

Yo no puedo desde ya decir que es un tiempo de 20, 30 o 50 años que evidentemente sería casi que un despojo porque sería casi que para la siguiente generación. Pero cuando uno mira los cultivos del pan coger, esos cultivos de rotación como el maíz, el sorgo, en fin, que son proyectos productivos de casi inmediata producción y que cada cosecha va mejorando la tierra, que va dejando una mejor productividad, obviamente no estamos hablando de 20, 30, 40 o 50 años.

Yo lo que quiero llamar la atención de ustedes honorables Senadores y de la opinión pública es que, si este país quiere desarrollar las tierras improductivas, que solamente en el 2011 fueron 700 mil hectáreas menos productivas en el país, que salieron y que se volvieron rastrojos, si queremos que este país no siga siendo un importador de alimentos, tenemos que dar la oportunidad de desarrollarse y esa oportunidad es pidiéndole a ese campesino, facilitándole a ese campesino las condiciones de una mejor infraestructura, de unos recursos y de una tecnología que le mejore sus condiciones de vida.

Son ópticas distintas, son por supuesto posiciones filosóficas completamente diferentes a la suya doctor Robledo, yo no lo voy a convencer, usted

no me ha logrado convencer tampoco en el día de hoy; y créame que yo tengo la mejor intención de escucharlo a usted porque es un hombre que siempre aporta al debate. Yo sí quiero que usted no vaya a dejar en el ambiente, la sensación que aquí estamos legislando para favorecer todos estos casos que usted ha mencionado.

Yo con esto concluyo diciéndole, que yo por lo menos, el Senador Sierra, que he estado toda la vida libre de cualquier señalamiento, no voy a permitir con una ponencia en un debate tan importante como este para el país, que vaya a ser señalado el día de mañana, porque estamos buscando simplemente hacer el bien con este proyecto de ley.

Con la venia de la Presidencia interviene seguidamente la Senadora Daira Galvis Méndez manifestando:

Yo ahora con la discusión he respetado algunos antecedentes de este proyecto, que entre otras cosas es producto de algo que a las carreras –y hay que decirlo así–, presentó el señor Ministro de Agricultura saliente. Cuando se presentó el proyecto de seguridad alimentaria y estábamos en plena discusión, en principio se opusieron varios Ministerios, entre ellos el de Vivienda, el de Agricultura, e inclusive el de Minas.

En principio se tenía el concepto de que se trataba era de que toda la tierra se destinara a agricultura y dejarle marginalmente algo a minería o tener la imposibilidad de construir por ejemplo vivienda rural. Recuerdo que se hizo la salvedad y se dijo, no señor se trata de lo siguiente, se trata para la seguridad alimentaria, de destinar una determinada cantidad de tierra encaminada a asegurar de que los colombianos, el campesinado colombiano, produzcan alimento, en principio esa fue la intención.

Aclarado este tema, realmente se dio vía libre al proyecto de seguridad alimentaria, pero luego el Ministro dijo que él tenía un proyecto, se le dio un plazo, se esperó, pero el día establecido, ese día no llegó el proyecto. Qué me preocupa de todo esto, de que de pronto nosotros estamos, y el mismo Ministerio de pronto está incurriendo en una celeridad que realmente puede hasta encontrarse con los procesos que hoy se dan a nivel de acuerdos de paz.

Que es lo que realmente genera el conflicto armado, si no precisamente los baldíos, la falta de titulación en este país es lo que genera otrora el conflicto armado; y ese conflicto armado necesariamente va a tocar estos temas que son neurales para el proceso de paz; significa hasta qué punto, y esa es una pregunta que yo me hago y que le hago muy respetuosamente al Ministro y al Senador ponente si tiene alguna información; hasta qué punto realmente no toca las conversaciones de paz de algunos acuerdos que pretenden hacerse, esto por ejemplo de lo que habla el artículo 7° sobre pro-

yectos cooperativos de asociaciones campesinas, que es realmente la piedra en el zapato de todo el proyecto.

Hace muy poco, hace apenas una semana se nos informaba otra vez de una conferencia del Superintendente de Notariado y Registro, sobre la consulta que había absuelto el Concejo de Estado, donde en palabras más palabras menos, determinaba que eran nulas las adiciones o sumatorias de UAF, y eso en el Congreso Palmicultor prendió alarmas, hubo gente que entró a preguntarse y entró en pánico de cómo solucionar ese problema. Entonces hoy concurren sobre ese tema, el tema que hoy estamos aquí ventilando, concurren una serie de factores que perfectamente pueden ser modificados o no modificados, pero que en todo caso son el punto neural de unos acuerdos de paz y de una discusión sobre paz, donde nosotros no tenemos conexión, salvo que se nos haga la claridad, de un lado; del otro, se nos atraviesa en un proyecto que primero fue imaginariamente fuera de contexto presupuestado por algunos Ministerios que luego dijeron que habían incurrido en error y terminaron apoyando el mismo proyecto de seguridad alimentaria.

Yo pregunto, comparativamente ¿en qué contribuye lo uno o lo otro?, porque sí hay una cosa que es cierta, sea cual fuere el número de hectáreas comprometidas o no comprometidas, lo cierto es que en África se dio un fenómeno muy ostensible, que fue cómo en Uganda para poner un ejemplo, los campesinos ugandeses que tenían los baldíos, terminaron siendo desplazados por los chinos y según órdenes de su propio gobierno; y para nosotros no es mentira todas las vicisitudes alimentarias que hoy sufre África.

Es más, a raíz del proyecto que yo tenía se me acercó un amigo que vive en E. U., que tiene algunas inversiones, que tiene algunas conexiones, y me contaba que los chinos ya no estaban ni siquiera interesados; y allí es donde yo veo el peligro del artículo 7°, que los chinos ya no estaban interesados en adquirir tierras, que la modalidad era otra, monopolizar los cultivos por la cantidad de millonadas de chinos que tienen que alimentar.

O sea, qué les interesa, monopolizar o que les vendan la producción alimentaria para ellos llevársela a China y alimentar a sus connacionales; o sea, a la modalidad ya superó lo que fue motivo de inquietud inclusive en nosotros; para ellos es mucho más rentable, mucho más viable, monopolizar los cultivos y llevárselo al exterior. Es decir, nosotros seríamos productores de pronto de alimentos, pero sin derecho al consumo de los mismos, entonces que no vaya a ser que estos proyectos cooperativos o asociativos de campesinos y de gran capital, terminen precisamente haciendo eso que era lo que me estaba comentando y proponiendo el amigo, que por qué Colombia no pensaba precisamente en esta modalidad.

Entonces, a mí no me arruga, ni salgo corriendo por aprobar un proyecto, yo asumo las responsabilidades que me toque asumir, pero tampoco quie-

ro, y eso es lo más importante para nosotros en esta Comisión y muy particularmente para mí es muy importante, y allí sí está claro, que nosotros demostramos que somos amigos de esa gran masa de campesinos que ha tenido una historia donde ha existido un Congreso que de pronto no ha sabido interpretar sus necesidades, a ser amigo de pronto de grandes terratenientes o de grandes inversionistas.

A mí lo que me preocupa es que este Congreso tiene que decirle a los campesinos, que se preocupa de ellos; a mí me preocupa que este Congreso le diga a los colombianos que estamos preocupados por su seguridad alimentaria, a mí lo que sí me alarmaría, sería que en medio de todo este tránsito de celeridad, estuviéramos involucrando derechos de gente que seguramente ha confiado de buena fe, los destinos de la patria en una serie de Congresistas como los que están en la Comisión Quinta y que no sepamos responderle a tiempo.

Eso era todo señora Presidenta, dejo al buen criterio de mis compañeros lo que se decida, voy a estar aquí, pero mi proposición es la siguiente; si el artículo 7º es el que está creando problemas, para superar los impasses yo pido que se difiera también y nos ocupemos del resto del articulado.

Con la venia de la Presidencia, a su turno, dice el Senador Manuel Guillermo Mora Jaramillo:

La verdad este es un proyecto, como viene de mucho debate, de mucha discusión; pero también como lo dice la exposición de motivos del Senador Luis Emilio Sierra, ese es un proyecto que va a permitir que el campesinado colombiano tenga la posibilidad de tener un mayor bienestar.

Hay experiencias en el caso que conozco, en el caso de Tibú, donde está Asopal II y otro tipo de asociaciones que van a ser unas tractoras de palma, en donde el campesino se ha asociado y ha permitido que tierras que nunca se cultivaban hoy tengan la posibilidad de ser socios de esas empresas. Fuera de eso tienen la posibilidad de trabajar, tienen la posibilidad de tener unos mejores ingresos, ya no solamente trabaja una persona sino que trabaja una familia y los que no deseen trabajar porque prácticamente están dedicados a otro tipo de cultivos, llámese el cacao, ganadería u otro tipo de acciones que se dan en la región, hoy tienen la posibilidad de tener un mejor bienestar.

Entendemos la preocupación que hoy se ha planteado en este debate, pero quiero decirle que esa preocupación desde que llegó el proyecto ha sido de todos y se le ha mejorado el proyecto; tanto así que el Ministerio de Agricultura en su momento ese proyecto permitía una ampliación de las hectáreas y aquí se habló de un 15% de los municipios, es decir, desde ya se está limitando tal como lo dice la exposición de motivos, como lo hace Brasil que en su momento tenía la misma preocupación que teníamos hoy y había que limitar esa inversión extranjera.

Pero también hay que enviar un mensaje a los inversionistas tanto nacionales como extranjeros, porque yo creo que también se trata de poder abrir las posibilidades de la asociación, a la asociatividad no hay que tenerle miedo, yo creo que es una alternativa importante que se da y la polémica o el debate grande que estoy de acuerdo que posteriormente se debe dar, hoy el señor ponente ha manifestado que el tema de los baldíos lo dejamos en otro capítulo por solicitud del Ministro Estupiñán; de manera que yo creo que eso nos permite a nosotros estar hablando ya no de dos temas sino estar hablando solamente del tema de tierras no baldíos, extranjerización, que nos va a permitir a nosotros tomar unas decisiones mucho más tranquilas, mucho más claras, y nos da el tiempo especial para poder analizar ya el tema de baldíos y poder tener todo ese tipo de polémicas que hay y lo que ha manifestado el Superintendente y tantos temas que hay en ese sentido.

Cuando uno lee la exposición de motivos, Colombia tiene capacidad en cerca de 10.4 millones de hectáreas y hoy tan solo 4 millones son las que vienen produciendo, prácticamente es irrisorio, y bien lo decía la Senadora Daira, que empezamos ese debate hablando de la seguridad alimentaria y la seguridad alimentaria como dicen es el bienestar de la gente, de la comunidad. De manera que aquí yo lo que veo es una oportunidad para poder tener mayores inversiones que de pronto generan otras expectativas cuando está hablando de reducir a un 15% por municipios, yo creo que ahí nos da la tranquilidad a todos que bajo ese esquema, yo lo manifiesto, aquí está claro en el proyecto.

Y por el otro lado quería y lo dije en la reunión anterior, que nosotros en la Ley de Desarrollo Rural, porque aquí estamos hablando incluso decía la Senadora Daira, que qué va a pasar con los acuerdos de la Habana; nosotros hemos dicho que con acuerdos o sin acuerdos, el desarrollo rural en Colombia ha tenido una política clara por parte del Ministerio; y hemos venido desarrollándola, hicimos el debate en la plenaria del Senado, eso permite decir que seguramente será un tema posterior.

Nosotros hoy podemos decir que la Ley de Desarrollo Rural y la Ley de Reforestación Comercial donde fuimos ponentes, son proyectos que la gente quiere, lo decía la Senadora Nora, en el caso de Córdoba, quieren venir a invertir; en el caso del país quieren venir a buscar la manera de invertir en reforestación comercial, en caucho, en palma, y yo creo que esa ventana hay que abrirla, dando mensajes claros, reglas claras jurídicamente. De manera que yo hoy quisiera manifestar primero Señor Ministro, lo dije hoy referente a la consulta previa, qué ha pasado, queremos que estos proyectos vuelvan y salgan adelante para poder fortalecer ese tipo de proyectos.

Lo segundo es que creo, Senador Luis Emilio Sierra, que este es un proyecto que beneficia al país, yo soy convencido, no tengo duda, creo que en este momento se abren oportunidades, men-

sajes claros a la inversión extranjera y nacional, queremos la asociatividad, queremos el aporte al campesino, el apoyo al campesino, que sean socios y los grandes dueños de la tierra. Es que hoy pueden ir incluso a la universidad, pueden recibir un salario mínimo; yo doy un ejemplo claro, Aso-pal II, que ellos me han contado que anteriormente no tenían la posibilidad, simplemente los recursos que tenían no les daban para poder montar un cultivo como lo tienen hoy, hoy cada uno es dueño de casi 20 hectáreas sembradas, son socios, reciben sueldo, los que quieren trabajan, sus hijos pueden trabajar allí, se crea una asociatividad bien interesante.

Solamente quería hacer esa observación señora Presidenta, para manifestarle que si usted lo considera teniendo en cuenta, por fuera de los baldíos como quedó aquí establecido, podemos, si lo considera el señor ponente, someter a votación el proyecto y acompañarlo.

Seguidamente la Presidencia otorga el uso de la palabra al señor Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural Doctor Francisco Estupiñán Heredia, quien empieza diciendo:

En primer lugar quiero presentar un saludo muy especial, muy atento a la Comisión, a todos sus integrantes, Señora Presidenta, a todos ustedes que han tenido un trato muy especial, muy deferente conmigo. Cuando estuve al frente del Banco Agrario y tuve la oportunidad de asistir a estos debates, recibí de ustedes muchas orientaciones, muchas ayudas, muchas insinuaciones y recogí parte de ellas en mi actuar. Hoy como Ministro de Agricultura es mi primera visita a esta Célula Legislativa, me agrada mucho, me encanta estar con ustedes, con personas conocedoras como más, estudiosas del sector agropecuario.

En lo referente al proyecto, doctora Daira, Senador Robledo, doctor Manuel Guillermo Mora, doctora Maritza, todos quienes me han antecedido en el uso de la palabra, coinciden en un aspecto fundamental, y es en la necesidad de regular la inversión extranjera, y de resaltar la importancia de la inversión extranjera en la agricultura colombiana; bien tratándose del artículo del proyecto de ley que ha tramitado el Senador Lozano o bien tratándose del proyecto de ley que presentó el Ministro Juan Camilo Restrepo, que valga la pena decir que no fue hecho a las carreras, sino que fue hecho una vez se conoció la Sentencia de la Corte Constitucional, que dejó sin efecto algunos artículos del Plan Nacional de Desarrollo.

Sentencia que se conoció en febrero de este año, entonces realmente queda difícil aceptar una opinión acerca del tema de las carreras o de la premura con que fue hecho este artículo, este proyecto; y créanme, sí nos mueve un interés y le mueve un interés al gobierno del Presidente Santos y a la administración de Francisco Estupiñán como Ministro de Agricultura, y es que tenemos la obligación de hacer crecer el sector agropecuario, y una de las formas de hacer crecer al sector agropecua-

rio en términos de producción total es buscando inversionistas, buscando quiénes desarrollen esos proyectos productivos en ciertos sectores hoy olvidados.

No cabe dudas de las bondades del sector agropecuario, no cabe dudas de las necesidades de la inversión en el sector agropecuario, aquí mismo en estas comisiones, con todo respeto, debo decir que recibimos las críticas del escaso crecimiento del producto interno bruto agropecuario; y parte de ese escaso crecimiento se debe a la falta de inversión, a la falta de inversionistas, y qué mejor que exista un proyecto de ley como que el que estamos presentando hoy, que repito coincide, con el que ha presentado el Senador Juan Lozano en términos generales; difiere en una parte, difiere en la forma cómo se debe controlar el valor de la inversión extranjera.

Por un lado el Senador Juan Lozano, y había una cuerda entre otras cosas con el anterior Ministro, de que ese proyecto se votaría y se le daría trámite en segundo debate, una vez este proyecto, el presentado por la administración, por el gobierno, tuviera también esos mismos efectos, para poder conjugar y para poder sacar lo provechoso de uno y otro proyecto y sacar un proyecto que sea el más beneficioso para todos los campesinos colombianos; porque aquí no estamos trabajando para beneficiar a unos o para ocultar o tratar de lavar operaciones indebidas ocurridas con anterioridad.

Por eso Senador Robledo, el gobierno ha aceptado que se excluyan los artículos que tienen que ver con el tema de los baldíos, y que esa discusión la dejemos para más adelante; pero que sí promulguemos y que sí adelantemos, que sí adelantemos este debate y este proyecto, sobre la necesidad de reglamentar la inversión extranjera, y segundo, un tema muy importante, que tiene que ver con la asociatividad.

La única forma como los pequeños propietarios, como los pequeños campesinos, como los pequeños dueños de las parcelas pueden tener un desarrollo importante, es con la asociatividad; es cuando existe una persona que tiene el conocimiento técnico, que tiene la capacidad financiera; pero doctor Robledo, yo le insisto en que aquí en este proyecto se respeta la propiedad de esos pequeños propietarios o de esos propietarios. Esos propietarios seguirán siendo dueños de estas tierras, pero seguirán aportándolas a unos proyectos productivos y seguirán trabajando como jornaleros, seguirán trabajando como agricultores, seguirán siendo partícipes de esos proyectos.

Entonces, hechas esas salvedades, yo les pido con todo comedimiento y con todo respeto honorables Senadores, que sometamos a consideración este proyecto de ley, con la exclusión de lo que tiene que ver con los baldíos; si excluimos eso, no estamos haciendo otra cosa diferente que reconocer la importancia de la legislación extranjera; segundo, regularizarla, y tercero, garantizar que bajo ningún aspecto los adjudicatarios de baldíos

van a perder esa propiedad. No la van a vender, la van aportar, para que puedan hacerse desarrollos importantes, desarrollos industriales, para que reciban unos arriendos, para que reciban unos salarios, para que en esas zonas tengan unos desarrollos, para que en esas zonas llegue la vivienda, para que en esas zonas llegue el bienestar, llegue la educación.

Esa es la única forma ante las limitaciones fiscales que hoy tiene la Nación para lograr el bienestar de los campesinos, que es lo que hoy nos preocupa. A nosotros como gobierno no nos interesa ni ocultar ni defender actuaciones indebidas, independientemente de la época en que hayan sido cometidas. Nosotros vamos a actuar en respeto al fallo en la Sentencia de la Corte Constitucional, y en concordancia con el concepto de la sala de consulta del Consejo de Estado.

Solicita el uso de la palabra la Senadora Maritza Martínez y una vez concedida, anota:

Yo quiero solamente hacer dos observaciones. La primera es, que ustedes saben que yo provengo de la región de la Orinoquia y que allí es donde se está dando el desarrollo de esa franja que se ha denominado la altillanura, y que buena parte de lo que se está reglamentando va afectar esta zona del país, que a mí como única Senadora de esa región, por supuesto me compete defender, buscar las mejores soluciones para el desarrollo de la Orinoquia y la altillanura.

Por eso tengo que decir, que por las condiciones que tiene ese territorio; la acidez de la tierra, las dificultades en servicios, y todo lo que ustedes conocen, porque hay un discurso muy interesante sobre el desarrollo de la altillanura y la ampliación de la frontera agrícola del país en 4 millones de hectáreas adicionales; o sea, nos duplicaríamos, pero no hay una sola acción que acompañe ese discurso, por lo menos en materia de vías, puentes, servicios públicos.

Esto para decir que esta zona del país requiere cerca de 2 millones de pesos por hectárea para hacerla productiva, y hemos visto históricamente que claro, cada pequeño poseedor o propietario de la tierra, tiene una capacidad para su parcela; pero ya si lo que queremos es un gran desarrollo como se ha venido mencionando, no sobra y cae muy bien el capital extranjero; por eso yo no soy enemiga Senador Sierra de la inversión extranjera, es útil y ha sido útil en mi región y ha sido una forma de generar desarrollo con recursos que incluso el capital nacional no siempre los tiene; pero también creo que en todos los temas hay que tener tranquilidad en la discusión, creo que cuando ustedes plantearon en el mercurio unas inquietudes, aquí la actitud fue, claro, discutámoslo, aplacémoslo si hay necesidad o si quieren encontremos entre todos un punto medio que nos deje satisfechos, porque creo que en últimas, acá

todos lo que queremos es que haya más inversión, que haya más oportunidades y que sea benéfico tanto para los grandes empresarios como para los campesinos, pero adicionalmente sin meternos en problemas.

Y esta es la segunda y última reflexión, inicialmente ustedes han propuesto y se han puesto de acuerdo en eliminar las normas sobre baldíos, o sea los artículos 11 y 12, lo cual me parece perfecto y nos va dando cierta tranquilidad incluso para poder proceder a votar; pero la Senadora Daira llama la atención sobre el artículo 7º y yo coincido con ella, este es todavía más importante que los otros dos; en la medida en que aplacemos la discusión de este, que requiere especial atención porque es básicamente el que recoge lo que la Corte Constitucional prohibió y nosotros no podemos así sea dándole una redacción diferente, no podemos recoger el mismo contenido sin meternos en problemas. Entonces, sin el 7º, 11, y 12, yo no tendría personalmente y no puedo hablar en nombre de mis colegas, pero personalmente no tendría inconveniente en proceder a votar. Si se incluye el 7º, si sentiría que hay dudas por absolver, si no estamos de alguna manera replicando una norma que la Corte Constitucional ya excluyó.

Expresa el Senador Juan Córdoba en su intervención con la venia de la Presidencia:

Yo creo que hay una suficiente ilustración, yo debo resaltar ese mensaje tan claro, tan puntual de las bondades del proyecto que ha hecho el doctor Luis Emilio Sierra; me parece que ha hecho una exposición supremamente clara sin desconocer obviamente la magistral exposición del Senador Robledo, cuando habla de que aquí en este proyecto no hay unidad de materia y sobre todo en este proyecto de baldíos y de despojos, pues seguramente eso está precedido de actos de corrupción y defraudación al Estado. Obviamente a toda esa cantidad de galimatías no se le pueden dar solución aquí en este acuerdo, yo creo que lo importante señora Presidenta en este proyecto, es que tenga la oportunidad de estar ahora, con el otro proyecto de Juan Lozano, para que se unifique y pueda tomar una sola línea.

Mi sugerencia respetuosa, es que aprobemos este proyecto con los artículos que tienen que ver con baldíos y con despojos como lo anotan me parece que es bien, pero nos da la tranquilidad de que se unifique para el siguiente debate en la Plenaria; y hay un mensaje adicional señora Presidenta, y es lo que ha dicho el doctor Name, para que haya tranquilidad y compromiso de todos los partidos, que para el siguiente debate haya coordinadores o ponentes de los diferentes partidos, me parece que es puntual porque el tema es bastante álgido. Así es que yo creo que hay suficiente ilustración y le pido que votemos el proyecto para que le demos una única línea en el siguiente debate en la plenaria.

Interviene nuevamente el Senador Jorge Robledo Castillo, diciendo:

Voy a ser muy breve, lo primero es esto, a lo que yo me referí sobre los ponentes era principalmente a que yo solicité ser ponente de este proyecto desde hace mucho más de un mes y eso no fue posible; yo creo que eso fue una equivocación, espero que si esto va a ir a Plenaria, haya como dice el Senador Name, un ponente de cada partido para que tengamos condiciones de igualdad para discutir esto.

Con respecto a las audiencias, aquí sí se hizo audiencia de extranjerización del proyecto de Juan Lozano y se hizo audiencia del mercurio, y en este caso hay cinco organizaciones pidiendo la audiencia Senador Sierra; ahora, si no se hace porque nadie pide, bueno, pero aquí hay cinco organizaciones respetables pidiendo audiencia. Lo segundo es esto Senadores y Senadoras, miren, el artículo 6° y el 7° también son sobre baldíos, yo lamento tener que disentir, pero son sobre baldíos.

Les voy a leer cómo empieza el artículo 6°: “El Gobierno Nacional propiciará y apoyará los proyectos asociativos de inversionistas nacionales y extranjeros calificados con adjudicatarios de baldíos, o beneficiarios de subsidios de tierras (...)”. O sea, es una asociación para ese caso, no es para cualquier caso. Y después el 7° dice lo mismo, solo que ya es en el caso de cooperativas y adjudicatarios de baldíos o de proyectos, incluso dice del Incora, o sea, van a abrir el camino para que eso suceda, entonces quiero dejar esto perfectamente claro.

Ojo, dice, inversionistas calificados, llamo la atención sobre eso, no es cualquier empresario común y corriente, sino que tiene que ser calificado, o sea es una cosa para magnates, yo resiento eso también, porque si se trata de hacer asociaciones, por qué no puede haber asociaciones de empresarios comunes y corrientes en un momento dado por un campesino si es eso en lo que se va a meter, no tiene que ser calificados; o sea, que tiene que ser transnacionales.

Pero además llamo la atención sobre esto Senadora Maritza que usted lo planteó y está en el proyecto que está para la Plenaria; este es un proyecto que de manera precisa dice que se van a subsidiar con los recursos del Estado estos proyectos de inversionistas calificados. Voy a leer lo que dice, este es un asunto que no es de menor cuantía, es contrario a lo que aprobamos en el otro proyecto, miren lo que dice aquí: “los proyectos asociativos de inversionistas calificados –y entre otras cosas dice– serán objeto de apoyo por parte del Gobierno Nacional mediante líneas especiales de crédito de garantías especiales, del Fondo Agropecuario de Garantías (FAG), apoyo de que trata la ley...tal y tal”. Yo tengo mis dudas también sobre eso, o sea, vamos a coger los escasos recursos públicos y se los vamos a poner a la cola a las transnacionales, con el cuento de que entonces con eso enganchan a unos campesinos; yo quiero insistir Senadores, este es un proyecto que se debería mirar artículo por artículo y sin afanes, que sepamos qué es lo que se está votando.

Digo dos cosas más y término, esto de la asociación ya lo votó como inconstitucional la Corte Constitucional, y yo creo que este proyecto no subsana las preocupaciones de la Corte Constitucional, no la subsana por una razón que es de fondo; es que a mí no me pueden decir que la economía campesina se mantiene, si termina sucediendo que el campesino arrienda su parcela como dijo el Ministro, yo no creo que eso sea la economía campesina que defiende la Constitución, y esa puerta está abierta aquí. Entonces cómo es la cosa, llega un tipo, le arrienda la parcela al campesino y el campesino se viene a vivir a Bogotá y todos los meses le gira una plata, ¿y eso es lo que queremos con respecto a los campesinos?, ¿eso es lo que usted quiere en Boyacá Senador Córdoba?, yo no creo, estamos hablando de otra cosa, y eso digamos, fue lo que en buena medida ya votó negativo la Corte Constitucional porque esto es un despojo.

Es que lo que hace al campesino propietario Ministro, no es que tenga el título, lo que hace al campesino propietario es que actúe como señor y dueño sobre la tierra, o si no qué propietario es. Cómo es que es propietario, si lo puede sacar de la tierra y decirle, váyase para no sé dónde y le pago un arriendo. Entonces quiero enfatizar estas cosas.

Y por último esto, este es un debate que se debería hacer con más calma; aquí todo el mundo tiene trabajo campesino y votos en todas partes. Senador Sierra una última cosa, ¿usted estaría de acuerdo con que los campesinos del café terminarían entregando sus tierras y viviendo en Manizales y les pagaran un arrendamiento? esta puerta la abre este proyecto. Yo no estoy de acuerdo con eso, yo creo que hay que defender esa producción parcelaria, también la empresarial importante de las zonas de Caldas, pero tenemos que defender la otra posibilidad.

Entonces yo le insistiría esto Ministro y Senadores, por qué no dejan ese proyecto solo con los dos primeros capítulos que son los que son estrictamente de la extranjerización; yo no estoy de acuerdo con ello, les anticipo, pero eso es lo que es extranjerización, todo lo demás no es estrictamente de extranjerización; y discutamos Ministro, el semestre entrante tráigase usted el proyecto que quiera, el de desarrollo rural y lo discutimos pero sin afanes; yo insisto, artículo por artículo, qué tipo de sociedades, qué garantías van a estar ahí.

Yo les digo esto a los Senadores que han dicho que las asociaciones son muy buenas. Yo tengo en mi archivo un artículo del señor Rudolf Hommes, que sabemos no es del Polo, preocupado por el tipo de contratos de la palma africana; ojo con esto, porque si esos contratos son lo que yo creo, que el campesino corre el riesgo del precio internacional del aceite y la tractora transfiere toda la crisis al campesino, yo creo que eso no debe ser así y es lo que yo creo que es. Me explicaba a mí un palmero hace 10 años, me decía: Yo pierdo plata en el cultivo y gano en la tractora, entonces, qué es lo que se han inventado el doctor Murgas y compañía, unos negocios en los que ellos tiene la tractora, los campesinos tiene unas parcelas,

siembran palma, y cuando el negocio se daña se clavan al campesino y la extractora sigue produciendo plata.

¿Ese es el tipo de asociación que ustedes quieren?, esas son las que están sucediendo; las asociaciones de Phillips Morris con los campesinos son absolutamente dramáticas, la del tabaco, eso es una cosa tenaz; entonces si nos vamos a meter en eso, porque yo no digo que no pueda haber en un momento dado compañías y cosas en la economía, es que esa es la discusión, es cómo es y cómo vamos a proteger a los débiles de este tipo de negocios, que si no los protegemos son negocios de “toche con guayaba madura”.

Y repito una cosa, y por qué sobre las tierras, o sea, lo poco que ha hecho el Estado con los campesinos es darle unas tierras de reforma agraria y unas tierras de baldíos, ¿y es preciso sobre estas que cae el proyecto?; la única propiedad parcelaria que hay en Colombia tiene origen en eso, ¿y esa es la que se va desmontar? Yo les insisto a los colegas de la Comisión Quinta, si tiene tanto afán en la extranjerización, dejen solo el capítulo de la extranjerización. Ahora, ya hay un proyecto de extranjerización para votar esta tarde en la Plenaria, que se podría, si ustedes lo quieren cambiar, ustedes son la mayoría y no habría necesidad de seguir con esto.

– En uso de la palabra, el Senador Luis Emilio Sierra Grajales, ponente del proyecto en discusión, precisa:

He recogido aquí, he anotado algunas de las observaciones que han hecho quienes me han antecedido. La doctora Maritza hablaba, por ejemplo, que allá en su departamento, allá en la Orinoquia las condiciones de la tierra obligan a hacer muy importantes inversiones; ella habla de 2 millones de pesos, tengo entendido que es muchísimo más, creo que del orden de 5 o 6 millones de pesos para volver a empezar a hacerla productiva; y yo no conozco un campesino que tenga hoy en día las capacidades, las condiciones económicas para hacer esa inversión.

Si le va a quedar mejorada la tierra cuando termine el proyecto asociativo, volvamos otra vez al ejemplo de ese campesino que tiene un pedazo de tierra, una UAF, que no tiene sino una forma de sobrevivir, escasamente: economía de subsistencia, no puede desarrollar un proyecto productivo, obviamente que no; ese campesino cuando se pueda asociar a un proyecto productivo, no solamente va a tener un ingreso por vincular su predio a ese proyecto sino que podrá o no, él verá si quiere o no trabajar, va a mejorar sus condiciones de vida por supuesto, van a llegar las obras de infraestructura que hoy en día no se tienen, y su predio va a quedar mejorado, porque cuando se acabe el convenio su tierra habrá mejorado, sus condiciones que lo vuelvan a él el día de mañana productivo.

Y eso es lo que pasa en su departamento doctora Maritza, estoy hablando es de las cifras que se requieren y la herencia que le va a quedar a ese campesino, no es solamente es unos recursos importantes por haber vinculado su proyecto, su

tierra, a un proyecto productivo, sino los ingresos que va a percibir si quiere trabajar o no en ese predio. No va a perder su propiedad, que quede claro, va a mantener la propiedad, se blindo para que el día de mañana incluso hasta por un tema de riesgo crediticio no vaya a perder la tierra, lo correrá el proyecto productivo, pero la propiedad no se va a perder para ese campesino, no es eso mejor ¿a cómo está hoy? Yo creo que sí, a mí no me han podido cambiar de criterio y pienso que si estamos pensando de verdad en ese campesino, esto es lo mejor que les puede ocurrir a ellos.

Senadores, yo les quiero pedir un favor, ustedes saben que aquí se hizo un acuerdo con el Señor Ministro de Agricultura, el doctor Juan Camilo y con el doctor Juan Lozano, le dimos Primer Debate al proyecto de ley del doctor Lozano, que la doctora Daira fue su ponente; habíamos acordado que avanzaríamos con este proyecto del Ministerio de Agricultura y lo fusionaríamos para Segundo Debate, cogeríamos lo mejor de cada uno de ello. Yo lo que les quiero proponer es que..., eliminado aquí el tema grueso que era el de baldíos, aprobemos este proyecto en Primer Debate y en el Segundo Debate miramos cómo se ponen de acuerdo todas las diferentes posiciones.

El artículo 6° y el artículo 7°, que veo que ya han enfocado baterías contra ellos, es nada más y nada menos que la columna vertebral de este proyecto; si le quitamos a ese campesino la posibilidad de vincular su parcela a un proyecto productivo, no estaríamos haciendo absolutamente nada, ese artículo 6° y el artículo 7° no hacen nada distinto sino dar la posibilidad de vincularlo a los proyectos productivos, pero no estamos hablando de terrenos baldíos; o sea, de la propiedad de un terreno baldío no estamos hablando ni nos estamos metiendo en esas honduras; le estamos diciendo que esa persona que ha sido adjudicatario de un bien baldío, lo pueda asociar a un proyecto productivo, es todo lo que estamos diciendo, es la única mención que se hace de la palabra baldío, pero no estamos ahí legislando sobre cómo es la propiedad o cómo adquiere un terreno baldío que esa es otra cosa distinta, que en ese tema yo estoy de acuerdo con todos los que han expresado aquí en su criterio.

Ese es el tema grueso que tenemos que legislar en el país, ese es el tema importante en el que tenemos que ponernos de acuerdo en este Congreso con el Gobierno nacional, y como lo he dicho, con la Corte Constitucional y con el Consejo de Estado, que nos digan con claridad cuál es el alcance de esas normas y tengamos para propios y para extraños una claridad absoluta de cómo es el futuro de la tierra en este país, ese es otro tema y eso no lo vamos a abordar ni lo estamos abordando en el proyecto.

De modo que yo sí quiero concluir una cosa señora Presidenta, aquí nos ha llegado una comunicación de la SAC, que representa a todos los gremios de la producción agrícola del país, apoyando este proyecto de ley; yo creo que eso, más importante manifestación no puede ser, si los que están metidos en el tema de la producción agropecuaria

que son los que son llamados a dar su concepto sobre estos temas con capacidad y con calidad de conocimientos, pues yo no sé quién más lo sea. Yo estoy de acuerdo con esa manifestación y pienso que es bien importante que nosotros acompañemos este proyecto; repito, démosle alcance al que ya está aprobado por el doctor Juan Lozano, y en el Segundo Debate le hacemos las modificaciones que correspondan.

La Presidencia indica a la Secretaría, dar lectura a la proposición con que termina el informe de ponencia.

Proposición

Dése Primer Debate al Proyecto de ley número 164 de 2013 Senado, “por la cual se expiden disposiciones generales sobre inversión extranjera en el sector agropecuario, y se dictan otras disposiciones”, con el pliego de modificaciones adjunto. Firma: honorable Senador *Luis Emilio Sierra Grajales*, ponente.

Una vez leída la proposición, la Presidencia la somete a consideración y votación de la Comisión, y dispone que se llame a lista para la votación nominal:

| | |
|---------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizábal Maritza | Sí |
| Mora Jaramillo Manuel Guillermo | Sí |
| Name Cardozo José David | Sí |
| Robledo Castillo Jorge Enrique | No |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

– La Secretaría informa que nueve (9) Senadores han votado por el **Sí** y uno (1) ha votado por el **No**, quedando así aprobada la proposición con que termina el informe de ponencia.

– **Expresa la Presidenta de la Comisión:**

Vamos a abrir entonces la discusión del articulado. Les había explicado al principio que hay dos proposiciones en la mesa del Senador Luis Emilio que es el ponente, se las vuelvo a leer:

Proposición

Corrijanse los numerales contenidos en los incisos 2 del artículo 3º; 2 y 4 del artículo 4º y 1 del artículo 9º del Proyecto de ley número 164 de 2012 Senado “por el cual se expiden disposiciones generales sobre inversión extranjera en el sector agropecuario y se dictan otras disposiciones”, en el sentido de que la numeración de los mismos sea la que corresponde al orden numérico natural.

Proposición

Elimínese del artículo 1º, la parte final que dice: “Establece normas sobre baldíos e interpreta la Ley 160 de 1994”. De la misma manera elimínense los artículos 11 y 12 del citado proyecto de ley.

– **Con la venia de la Presidencia la Senadora Daira Galvis Méndez, expresa:**

Esa proposición del Senador Sierra viene consensuada por todos esta mañana en el desayuno,

eso no tiene ningún tipo de problema; nosotros hemos apoyado eso y nosotros ratificamos lo que hemos dicho. Lo que yo le estoy diciendo con respecto al artículo 7º no es que lo eliminemos, sino que aplacemos la discusión del artículo 7º, no es nada más. Aquí nos acaba de llegar una información donde se oponen varios asociados al artículo por una sencilla razón: porque fue un fracaso para ellos, porque fracasaron y están lamentando lo que estamos discutiendo aquí, no es más.

– **Al respecto y con la venia de la Presidencia, puntualiza el Senador Luis Emilio Sierra Grajales:**

Vuelvo y repito, esto es quitarles la posibilidad a esos pequeños campesinos que quieran asociar sus parcelas a proyectos productivos; yo en esto no voy a insistir más. Lo que sí quiero decirle señora Presidenta es: póngalo a consideración, lo aprobamos o lo rechazamos, si lo aprobamos, tenemos tres debates más para darle cuerpo a este proyecto de ley. Yo le quiero pedir es que en el Segundo Debate, en la unión o fusión que se haga con el proyecto del doctor Lozano, al que tenemos que darle pronto alcance, ahí tomamos las decisiones con la ponencia plural que aquí se ha hablado. De modo que yo le pediría a los compañeros que votemos favorablemente este proyecto y ya para segundo hacemos las modificaciones que correspondan.

– Seguidamente la señora Presidenta pone en consideración y votación las dos proposiciones presentadas por el Senador Luis Emilio Sierra y leídas anteriormente por la Senadora Nora García, para lo cual se hace el respectivo llamado a lista:

| | |
|---------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizábal Maritza | Sí |
| Mora Jaramillo Manuel Guillermo | Sí |
| Name Cardozo José David | Sí |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

– La doctora Delcy Hoyos, Secretaria de la Comisión, anuncia que se han registrado nueve (9) votos de los Senadores, todos por el **Sí**. En consecuencia han quedado aprobadas las dos proposiciones firmadas por el Senador ponente, Luis Emilio Sierra.

– Seguidamente la Senadora Daira Galvis Méndez, propone a la Presidencia poner en consideración el aplazamiento de la votación del artículo 7º del proyecto, el cual se discutiría en el Segundo Debate en Plenaria cuando se lleguen a acuerdos en torno al tema de que trata. Añade la Senadora Daira Galvis: Si no se aplaza, entonces yo me abstengo de votar simple y llanamente porque no me voy a contradecir con un proyecto del que fui ponente, y aquí también pasa lo mismo con el resto de compañeros.

– **En uso de una interpelación con la venia de la Presidencia, anota el Senador Luis Emilio Sierra, ponente de proyecto:**

Si la Senadora Daira dice que se abstendría en ese caso de votar esa proposición, simplemente no haga esa proposición; deje que el proyecto continúe como está y en Segundo Debate hacemos lo que corresponda; si usted insiste en presentar esa proposición tendríamos que votar y derrotarla. Yo le propondría que más bien no la haga y simplemente continuamos con la votación. Entonces Presidenta, ponga a consideración, ella dice que se excluye del artículo 7°, yo estaría en contra y pediría a la Comisión que la vote negativamente.

– La Presidenta de la Comisión somete a consideración y votación la proposición de la Senadora Daira Galvis, en el sentido de que se aplace la votación del artículo 7° del proyecto de ley, cuya votación se hará nominalmente. Explica la Presidenta que con el SÍ se aprobará el aplazamiento del artículo 7° del proyecto y con el NO, se negará.

– **Se hace el respectivo llamado a lista para la votación nominal:**

| | |
|---------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | No |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | No |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | No |
| Martínez Aristizábal Maritza | Sí |
| Mora Jaramillo Manuel Guillermo | No |
| Name Cardozo José David | No |
| Sierra Grajales Luis Emilio | No |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

– La Secretaría informa que tres (3) Senadores votaron por el Sí y seis (6) por el No. Ha sido negada la proposición presentada por la Senadora Daira Galvis.

– Acto seguido, por petición del Senador ponente y sometido a consideración y votación por parte de la Presidenta, la Comisión aprueba la omisión de la lectura del articulado.

– La Presidencia somete a consideración y votación el articulado del proyecto, mediante votación nominal, procediéndose con el llamado a lista correspondiente:

| | |
|---------------------------------|----|
| Alfonso López Héctor Julio | Sí |
| Córdoba Suárez Juan de Jesús | Sí |
| Galvis Méndez Daira de Jesús | Sí |
| García Burgos Nora María | Sí |
| Martínez Aristizábal Maritza | Sí |
| Mora Jaramillo Manuel Guillermo | Sí |
| Name Cardozo José David | Sí |
| Sierra Grajales Luis Emilio | Sí |
| Valera Ibáñez Félix José | Sí |

– Finalizado el llamado a lista, la Secretaría informa que se han registrado nueve (9) votos, todos por el SÍ, quedando aprobado el articulado del proyecto de ley tal como viene en la ponencia para Primer Debate.

– Así mismo y luego de ser sometido a consideración y votación por la Presidenta mediante votación ordinaria, la Comisión aprueba el siguiente título para el proyecto de ley: *por la cual se expiden disposiciones generales sobre inversión extranjera en el sector agropecuario y se dictan otras disposiciones.*

– La Comisión aprueba también de manera ordinaria el paso del proyecto a Segundo Debate para que se convierta en ley de la República, y la Presidencia dispone que se ampliará el número de ponentes para la plenaria a un representante de cada bancada.

– Acto seguido, se da lectura por Secretaría, a la siguiente proposición.

Proposición

En ejercicio del control político conforme al artículo 258 de la Ley 5ª de 1992, cítese a los señores Ministros de Relaciones Exteriores, de Minas y Energía y de Trabajo para debatir sobre la contratación de obreros extranjeros (chinos y venezolanos), para trabajar en empresas colombianas donde el Estado tiene el control. Firma: *Daira Galvis Méndez*, Senadora de la República.

– Una vez sometida a consideración y votación por la Presidenta, la Comisión aprueba la proposición leída.

– Seguidamente y por instrucciones de la Presidenta de la Comisión, se anuncia a los honorables Senadores que en la próxima sesión de esta Comisión Quinta Constitucional Permanente del Senado de la República, se discutirán y votarán en Primer Debate los siguientes proyectos de ley:

1. Proyecto de ley número 96 de 2012 Senado, por el cual se modifican las disposiciones relacionadas con el precio de la gasolina motor, el ACPM, el GLP y el turbo combustible de aviación GET A1 y se dictan otras disposiciones. Ponente: honorable Senador *Jaime Enrique Durán Barrera*.

2. Proyecto de ley número 122 de 2012 Senado, por medio de la cual se crea, organiza y se fortalece el voluntario de guardaparques y se dictan otras disposiciones.

Ponentes: honorables Senadores, *Lidio García Turbay, José David Name Cardozo y Félix Valera Ibáñez*.

– Agotado el orden del día, la Presidencia levanta la sesión y cita para el próximo martes a las 10 de la mañana.

La Presidenta,

Nora María García Burgos.

El Vicepresidente,

Félix José Valera Ibáñez.

La Secretaria General,

Delcy Hoyos Abad.



GACETA DEL CONGRESO

SENADO Y CÁMARA

(Artículo 36, Ley 5a. de 1992)
 IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA
 www.imprenta.gov.co

ISSN 0123 - 9066

AÑO XXII - N° 430

Bogotá, D. C., lunes, 17 de junio de 2013

EDICIÓN DE 16 PÁGINAS

DIRECTORES:

GREGORIO ELJACH PACHECO
 SECRETARIO GENERAL DEL SENADO
 www.secretariasenado.gov.co

JORGE HUMBERTO MANTILLA SERRANO
 SECRETARIO GENERAL DE LA CÁMARA
 www.camara.gov.co

RAMA LEGISLATIVA DEL PODER PÚBLICO

SENADO DE LA REPÚBLICA

PONENCIAS

INFORME DE PONENCIA PARA SEGUNDO DEBATE AL PROYECTO DE LEY NÚMERO 168 DE 2012 SENADO, 036 DE 2012 CÁMARA

por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.

I. Antecedentes

El Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado, 036 de 2012 Cámara, *por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones*, tiene origen en una iniciativa de los honorables Representantes a la Cámara Augusto Posada Sánchez y Simón Gaviria Muñoz integrantes de la Comisión Segunda y Tercera de la Cámara de Representantes.

En desarrollo de su trámite, el Proyecto de ley en mención, fue radicado el 25 de julio de 2012, publicado en la *Gaceta del Congreso* número 473 del 27 de julio de 2012, sometido a primer debate y aprobado por la Comisión Quinta de la Cámara de Representantes el pasado 23 de octubre de 2012.

Igualmente fue debatido y aprobado en segundo debate durante la Sesión Plenaria de la misma Corporación que se llevara a cabo el 20 de noviembre del pasado año.

En su trámite en el Senado, el 5 de junio de 2013 fue debatido y aprobado el proyecto de ley por la Comisión Quinta de Senado, luego de haber sido publicado en la *Gaceta del Congreso* número 937 de 2012, llevada a cabo en audiencia pública en la que fueron escuchados representantes sectoriales

y conformada Comisión Accidental que trabajó en su contenido. Cumplidas adecuadamente todas las etapas previas que la ley determina, el proyecto debe seguir su trámite en la Plenaria del Senado.

II. Objeto del proyecto de ley

El proyecto de ley puesto en consideración de la Plenaria del Senado de la República, tiene por objeto la salvaguarda de la salud humana y la preservación de los recursos naturales renovables y el ambiente, mediante la reglamentación del uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, independientemente de su origen.

De igual forma se establecen medidas para la eliminación y erradicación de su uso en toda actividad industrial o productiva y se crean o establecen instrumentos para facilitar la reconversión tecnológica en los procesos que hoy lo usan.

III. Contenido del proyecto

El texto definitivo del Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado, 036 de 2012 Cámara que fue aprobado por la Comisión Quinta del Senado de la República el pasado 5 de junio de 2013, consta de quince (15) artículos y posee la estructura que se detalla a continuación:

por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de Colombia

DECRETA:

Artículo 1°. *Objeto.* A efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, reglámenese en todo el territorio nacional el uso, importación,

producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, cualquiera que ellas sean.

Artículo 2°. *Acuerdos y convenios de cooperación internacional.* Se adoptará una política nacional en materia de salud, seguridad y medio ambiente para la reducción y eliminación del uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país donde se utilice dicha sustancia; para lo cual se podrán suscribir convenios, programas y proyectos de cooperación internacional con el fin de aprovechar la experiencia, la asesoría, la capacitación, la tecnología, los recursos humanos, financieros y técnicos, de dichos organismos para promover la reducción y eliminación del uso del mercurio.

Artículo 3°. *Reducción y eliminación del uso de mercurio.* El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Trabajo establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible, el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país.

Erradíquese el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a diez (10) años y para la minería en un plazo máximo de cinco (5) años. El Gobierno Nacional dispondrá todos los instrumentos tecnológicos y las respectivas decisiones con todos los entes y organizaciones responsables del ambiente y el desarrollo sostenible.

El Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, con el apoyo de Colciencias liderarán el desarrollo, transferencia de implementación de procesos, estrategias y medidas de reducción y eliminación del uso del mercurio al interior de su sector con la participación de los actores destinatarios de la presente ley; para tal efecto promoverán que las instituciones de educación superior desarrollen actividades de formación, investigación y proyección social, en el marco de su autonomía, a través de convenios u otro tipo de iniciativas que se orienten hacia la consecución de estos objetivos.

En la medida que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio en otras actividades industriales, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, basados en investigaciones realizadas por las diferentes instituciones de educación superior, Colciencias o cualquier otro ente reconocido que las efectúe.

Las autoridades ambientales, urbanas, regionales y de desarrollo sostenible, así como las secretarías de salud y las direcciones territoriales de trabajo, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

Artículo 4°. *Registro de Usuarios de Mercurio.* El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentará en un término no mayor a seis (6) meses a partir de la promulgación de la presente ley, el establecimiento del Registro de Usuarios de Mercurio de manera gradual, comenzando por el sector minero del país. Este registro será implementado por las autoridades ambientales bajo el Registro Único Ambiental, del Sistema de Información Ambiental que administra el Ideam en un plazo no mayor a dos (2) años después de emitirse la regulación correspondiente.

Parágrafo 1°. El Ministerio de Minas y Energía diseñará una estrategia para promover el Registro de Usuarios del Mercurio al interior de su sector y en la medida en que el registro sea obligatorio para otras actividades productivas, corresponderá al Ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de dicha estrategia.

Parágrafo 2°. A partir de la implementación del Registro, las personas naturales y jurídicas que incumplan esta obligación serán sancionadas; el Gobierno Nacional regulará la materia.

Artículo 5°. *Seguimiento y control a la importación y comercialización del mercurio.* El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) en un término máximo de dos (2) años, establecerán medidas de control y restricción a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contengan y creará un Registro Único Nacional de importadores y comercializadores autorizados.

Las autoridades aduanera y policivas, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

Artículo 6°. *Producción más limpia en las diferentes actividades industriales y mineras.* En el periodo de cinco (5) años, propuesto en el artículo 3° de esta ley, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo y Colciencias con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las autoridades ambientales promoverán con las diferentes instituciones de educación superior del país, el sector privado y demás entidades o actores, el desarrollo de convenios, proyectos y programas, para la implementación de estrategias de producción más limpia, para alcanzar la meta propuesta de eliminación del uso del mercurio.

Artículo 7°. *Alternativas limpias.* Colciencias, fomentará la realización de investigaciones de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio, el desarrollo y aplicación de las mismas.

Los Ministerios de Minas y Energía, Comercio, Industria y Turismo, Educación y el SENA promoverán y desarrollarán en el marco de sus competencias la realización de programas de formación, capacitación, fortalecimiento empresarial y asis-

tencia técnica, para la inserción de las tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productivos asociados, que requieren de la utilización del mercurio; pudiendo emplear como insumo los resultados de las investigaciones adelantadas por Colciencias.

Para tal efecto se podrán realizar convenios con el sector privado, las instituciones de Educación Superior y las empresas de Servicios Públicos, para que desarrollen estos programas que se destinarán a la población objeto de esta ley, incluyendo la información respecto de los riesgos y afectaciones a la salud humana y al medio ambiente por la exposición al mercurio.

Artículo 8°. *Reglamentación.* El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con los demás ministerios competentes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Trabajo, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Transporte y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo) y, sectorialmente y en el marco de sus competencias, deberán suscribir un Plan Único Nacional de Mercurio y elaborarán los reglamentos técnicos en el término máximo de un año, una vez finalizado el registro del artículo 4° para el desarrollo de las actividades relacionadas con cada una de las etapas del ciclo de vida del mercurio (uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final).

Artículo 9°. *Prohibición de nuevas plantas de beneficio de minerales preciosos y control de las existentes.* Se prohíbe la ubicación de nuevas plantas de beneficio de oro que usen mercurio y la quema de amalgama de mercurio y oro, en zonas de uso residencial, comercial, institucional y recreativo.

Parágrafo. Para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con el funcionamiento de las nuevas plantas de beneficio de oro, se requerirá por parte de la autoridad ambiental competente la respectiva licencia ambiental dado el deterioro grave que estas actividades generan al ambiente y a la salud.

En los casos de las plantas de beneficio de oro existentes al momento de la expedición de la presente ley y que se encuentren en las zonas de uso del suelo señaladas como prohibidas en el párrafo anterior, tendrán un plazo máximo de tres (3) años para su reubicación a partir de la publicación de la presente ley.

Para tal fin las autoridades municipales deberán definir zonas de uso compatible para el desarrollo de esta actividad en los Planes de Ordenamiento Territorial, los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial o los Esquemas de Ordenamiento Territorial según sea el caso. Estas actividades también podrán ser realizadas en áreas cobijadas por títulos mineros debidamente inscritos en el Registro Nacional Minero que cuenten con autorización ambiental para su desarrollo.

No obstante lo anterior y mientras dure el proceso de reubicación de las mencionadas plantas, los titulares de las mismas deberán adoptar un plan de manejo ambiental y reducción de mercurio, el cual será reglamentado por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en un término no mayor de seis (6) meses a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, y cuyo control y seguimiento estará a cargo de la autoridad ambiental del área de jurisdicción de la planta.

Con el fin de identificar las plantas de beneficio existentes antes de la promulgación de esta ley y ubicadas en las zonas prohibidas en el presente artículo, los alcaldes municipales junto con las autoridades ambientales, sanitarias y mineras realizarán un censo de los mismos en un término no mayor a un (1) año a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, con el fin de diseñar e implementar un programa reubicación de tales actividades de acuerdo con lo establecido en el presente artículo.

Una vez terminado el plazo previsto en el presente artículo, los alcaldes, las autoridades ambientales, y/o las demás autoridades competentes, procederán al cierre de las plantas de beneficio de oro que se encuentren en zonas prohibidas señaladas en el presente artículo y/o que no cumplan con la normativa ambiental vigente.

Artículo 10. *Incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio en el sector minero.* A fin de lograr la reducción y posterior eliminación del uso de mercurio en el beneficio del mineral de oro, así como la reubicación de plantas de beneficio de oro existentes antes de la entrada en vigencia de la presente ley, y de posibilitar para la pequeña minería el desarrollo social y el incremento de la productividad y seguridad e higiene minero, se adelantarán programas de incentivos que incluyan:

a) Ofrecer por una única vez, y en un período de cinco (5) años contados a partir de la promulgación de la presente Ley, créditos blandos, a través del Banco Agrario y Finagro u otra agencia del Estado especializada, a los dueños de las plantas de beneficio de oro, para la reducción y eliminación del uso de mercurio y para la reubicación o traslado de dichas plantas a zonas compatibles con los planes de ordenamiento territorial. Igualmente ofrecer por el mismo período de tiempo a pequeños mineros auríferos, créditos blandos para financiar las adquisiciones necesarias para efectuar la reconversión y uso de nuevas tecnologías de extracción y beneficios del oro que no emplean mercurio;

b) El Ministerio de Minas y Energía establecerá programas y proyectos de financiamiento que generen, mecanismos o herramientas para facilitar el acceso a recursos financieros del sistema bancario al pequeño minero a nivel nacional, así como la destinación de recursos para financiar o cofinanciar proyectos mineros definidos por dicho ministerio.

De igual forma el Ministerio de Minas y Energía destinará como mínimo el treinta por ciento (30%) de los recursos existentes a la entrada en vigencia de la presente ley, de que trata el artículo 151 de la Ley 1530 de 2012, para mejorar la productividad, seguridad y sostenibilidad de quienes se dedican a la extracción o beneficio de oro en pequeña escala o pequeños mineros auríferos, en el proceso de sustitución del uso del mercurio por otras tecnologías que no lo emplean, utilizándolos en la ejecución de programas y proyectos de apoyo directo a esta población, de forma que con ellos puedan recibir cofinanciación o financiación para la adquisición de los activos requeridos para lograr reconversión, obtener la apropiación del conocimiento de los nuevos procesos, recibir asistencia técnica, recibir apoyo o incentivos en la obtención del acceso a los créditos blandos como la financiación o cofinanciación de las primas de seguro, avales o avales complementarios, costos de estructuración de las solicitudes de crédito, tasas de interés o cualquier otro instrumento que les facilite el acceso.

El monto de los recursos destinados para este efecto podrá ser incrementado de conformidad con lo que sea dispuesto por el Presupuesto General de la Nación para cada año.

Estos incentivos no aplicarán en los casos que se requiera realizar la reconversión tecnológica en zonas prohibidas de las que trata el artículo 9º.

Parágrafo. El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Ministerio de Minas y Energía, el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Fondo de Desarrollo Regional, asignarán o promoverán las partidas presupuestales que sean necesarias, para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la presente ley en cabeza de los diferentes ministerios, entidades territoriales y autoridades competentes.

Artículo 11. *Incentivos para la Formalización.* Con el fin de impulsar y consolidar la formalización de la actividad minera, especialmente de pequeños mineros auríferos, el Gobierno Nacional podrá emplear los siguientes instrumentos:

a) **Subcontrato de Formalización Minera.** Los explotadores mineros de pequeña escala o pequeños mineros auríferos, que a la fecha de expedición de la presente ley se encuentren adelantando actividades de extracción o de beneficio de oro dentro de áreas otorgadas a un tercero mediante título minero, podrán con previa autorización de la autoridad minera, suscribir contratos de explotación con el titular de dicha área, para adelantar esas actividades por un período no inferior a cuatro (4) años prorrogables.

El Ministerio de Minas y Energía efectuará la respectiva anotación en el Registro Nacional Minero en un término no mayor a los quince (15) días hábiles siguientes a la aprobación del contrato de formalización por parte de la autoridad minera.

La suscripción de un contrato de formalización minera no implicará la división o fraccionamiento

del título minero en cuya área se otorga el derecho a realizar actividades de minería; no obstante podrán adelantarse labores de auditoría o fiscalización diferencial e independiente y quienes sean beneficiarios de uno de estos contratos, tendrán bajo su responsabilidad el manejo técnico-minero, ambiental y de seguridad e higiene de la operación del área establecida, así como de las sanciones derivadas de incumplimiento normativo o legal.

El titular minero que celebre contratos de explotación minera deberá velar por el cumplimiento de las obligaciones del contrato suscrito y seguirá siendo responsable por las obligaciones de su título y contrato, con excepción de aquellas que se mencionan en el presente artículo. El Gobierno Nacional reglamentará las condiciones y requisitos para la celebración de estos contratos y en todo caso velará por la continuidad de la actividad productiva, en condiciones de formalidad y de acuerdo con las leyes y reglamentos, a esta población, en caso de no serle aplicable este instrumento;

b) **Devolución de áreas para la Formalización Minera.** Entiéndase por devolución de áreas para formalización minera, la renuncia a la explotación o devolución que el beneficiario de un título minero hace por decisión directa de una parte del área que le fue otorgada, con el fin de contribuir a la formalización de los pequeños mineros que hayan llevado a cabo su actividad dentro del área que le fue otorgada. En ningún caso se podrá disponer del área devuelta, para ser destinada a beneficiarios diferentes a aquellos que se encontraban previamente efectuando actividades de minería dentro del área devuelta.

El Ministerio de Minas y Energía reglamentará el procedimiento, los requisitos para el acceso, evaluación, otorgamiento y administración de estas áreas y la definición de pequeño minero; a través de la dirección de formalización minera o quien haga sus veces, administrará el registro de las áreas devueltas y la autoridad minera nacional lo operará;

c) **Beneficios para la Formalización.** Los titulares mineros de oro que cuya capacidad instalada les permita procesar hasta 20 toneladas de material mineralizado o que se encuentre en proceso de formalización, que estén inscritos en el registro de usuarios de mercurio señalado en el artículo 4º de la presente ley y que además presenten ante la Dirección de Formalización Minera del Ministerio de Minas y Energía un plan de trabajo de reducción paulatina del mercurio en su proceso de extracción y beneficio del oro, tendrán prioridad para acceder a la oferta institucional de dicho Ministerio establecidos en el programa de formalización minera.

Artículo 12. *Establecimiento del Sello Minero Ambiental Colombiano.* En un plazo no mayor a seis (6) meses, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá la reglamentación que establece y regula el “Sello Minero Ambiental Colombiano”, mediante el cual y de acuerdo con

los procedimientos que para efectos similares ha determinado, se podrá identificar el producto de las actividades mineras que no usen mercurio y emplean procedimientos amigables con el medio ambiente. Para el efecto el Ministerio de Minas y Energía promoverá el desarrollo de las normas técnicas necesarias para garantizar la aplicación del reglamento que aquí se establece.

En igual sentido el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo para el caso de los procesos industriales y sus productos, impulsará la solicitud y apoyará el desarrollo de los estudios de factibilidad que deban realizarse para la selección de las diferentes categorías de productos que permitan la aplicación del “Sello Ambiental Colombiano”, de acuerdo con lo dispuesto en la presente ley, en especial lo relacionado con Mercurio.

Artículo 13. *Decomiso*. El incumplimiento de los preceptos de que trata la presente ley, y las que establezcan los reglamentos, dará lugar al decomiso respectivo. El procedimiento de decomiso se efectuará de conformidad con las medidas previstas en los reglamentos, expedidos por el Ministerio de Minas y Energía, sin perjuicio de las demás sanciones que establezcan los reglamentos.

Artículo 14. *Sanciones*. Aquellos funcionarios que incumplan lo dispuesto en la presente ley y en los reglamentos, serán sancionados disciplinariamente y su conducta será entendida como grave al tenor de lo establecido en la Ley 734 de 2002.

Artículo 15. *Vigencia*. La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el *Diario Oficial*.

IV. Marco Técnico

Contexto

Acorde con la documentación existente así como lo documentado por autores, ponentes en el transcurso de los tres debates efectuados en el Congreso y tanto comunidad como representantes gremiales en la audiencia pública llevada a cabo en el seno de la Comisión Quinta del Senado, cuyos argumentos técnicos se recogen, se considera que existe suficiente soporte técnico científico, consenso e ilustración alrededor de los componentes de este proyecto de ley que la presente ponencia tramita.

Por tanto se considera que el mercurio, el cual es considerado una neurotoxina potente de naturaleza metálica que se produce de forma natural y posee condiciones de difícil manejo, puesto que a temperatura y presión ambiente es líquido y se evapora rápidamente, requiere de las medidas que el proyecto de ley establece, para que se proteja adecuadamente la salud tanto de colombianos como de los que habitan en nuestro territorio.

La forma más común de exposición humana a este metal se presenta de dos maneras:

1. Por su uso en la industria en la que se da la inhalación de su vapor a partir de la quema de la amalgama o la fundición del oro; también se da por derrames, por manipulación en la venta o du-

rante un proceso de fabricación de aparatos médicos o de utilización en el proceso denominado de amalgamación en minería.

2. Por la ingesta de Metil Mercurio (MeHg) a través de la dieta alimenticia, especialmente mediante el consumo de peces contaminados.

Hoy en día el mercurio es ampliamente usado por la minería pequeña y artesanal, la cual lo utiliza para la recuperación del oro, pero debido al uso inadecuado, la mayor parte se vierte a los ríos o fuentes de agua y es así como este, al asentarse en medios acuáticos, se transforma en Metil Mercurio.

La ingestión de este compuesto afecta el sistema nervioso, los riñones y el hígado, generando trastornos mentales y daños en el sistema motor, reproductor, el habla, la visión y la audición.

El consumo humano del mercurio es especialmente preocupante por cuanto impide el desarrollo neurológico de los fetos, lactantes y niños. Cuando una mujer consume pescados o mariscos que contienen mercurio, este se acumula en sus tejidos y demora varios años en eliminarse.

Si durante el período de exposición se da la concepción, su feto se expondrá al compuesto dentro del útero afectando negativamente el crecimiento de su cerebro y el desarrollo del sistema nervioso; con el tiempo se pueden comprobar las alteraciones en la capacidad cognitiva en atributos como la memoria, la atención, el lenguaje, las habilidades motrices finas y espacios visuales.

Este proceso se agudiza al tener en cuenta que el impacto que tiene en la salud humana, se potencia por la fácil exposición al metal de la población expuesta, que puede tener relación directa con este, como indirecta:

“El polvo de mercurio también se adhiere a la ropa de los mineros y de esa manera llega a sus hogares. Los estudios de salud realizados en distintos lugares del mundo en los que se practica la minería del oro artesanal y en pequeña escala muestran altos niveles de mercurio en los mineros. Algunos de ellos están expuestos a niveles de mercurio 50 veces superiores al límite máximo aceptable de exposición del público fijado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). En un lugar, casi el 50% de los mineros que trabajaban en el proyecto sufrían temblores involuntarios, síntoma clásico de daños al sistema nervioso inducidos por el mercurio”¹.

En la medicina además de su uso en amalgamas, que es un material producto de la aleación del mercurio con otros metales, es ampliamente requerido en instrumentos médicos para la medición de temperatura o de presión, por lo que un centro hospitalario de gran tamaño podría albergar hasta varios kilos de este elemento. En algunos de estos

¹ Programa de la Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA). El Uso del Mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala. Programa de la Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA), página 8.

casos la falta de educación explica en gran medida los problemas de contaminación generados por el mercurio, ya que no se tiene conciencia sobre las consecuencias en el ambiente, ni la afectación en seres humanos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han declarado los efectos adversos de la contaminación como un grave problema mundial para la salud humana y para el medio ambiente, puesto que ya ha sido demostrado ampliamente que la ingesta puede generar daños respiratorios, renales y en la función motora.

A todo lo anterior se suma la contaminación ambiental que se genera en aguas, suelos, aire, así como el deterioro de la calidad de vida, además del desafío que impone la creciente demanda por productos “verdes y sostenibles”.

Por todo lo anterior, el Consejo de Administración del PNUMA se ha propuesto como meta prioritaria reducir la acumulación de metil-mercurio a nivel mundial e iniciativas como la presente vienen impulsándose a nivel mundial mediante trabajo a escalas locales, nacionales y globales que buscan promover políticas y programas que permitan el almacenamiento definitivo, la reducción o la eliminación del uso, comercio o emisiones, así como la exposición humana y de los ecosistemas al mercurio.

En consistencia con todo ello, la presente iniciativa responde a los latentes requerimientos a que el país se proteja y asuma las medidas y protocolos que le permitan salvaguardar a la población y los recursos ambientales del incremento de enfermedades asociadas al uso y manipulación del mercurio.

Generalidades

Cerca de 55 países con una población que es cercana a los cien (100) millones de habitantes, ubicados especialmente en los continentes de África, Asia y América, tienen una gran dependencia de la Minería Artesanal de Pequeña Escala (MPE), la cual se desarrolla dentro de un tipo de economía de subsistencia.

Algunas estimaciones indican que esta actividad es la responsable de la producción de 800 toneladas de oro anuales que constituiría aproximadamente el 30% de la producción de oro global anual y su producción involucra tanto a hombres mineros, como a mujeres y niños de forma directa o indirecta.

“Se calcula que en la minería del oro artesanal y en pequeña escala participan entre 10 y 15 millones de mineros, de los cuales 4,5 millones son mujeres y 1 millón son niños.

Es posible que, como consecuencia del alza reciente del precio del oro, en los próximos años aumente la cantidad de mineros que usan mercurio”².

Dentro de la minería artesanal se utilizan métodos rudimentarios, tecnologías obsoletas y la actividad se realiza a menudo por mineros que reciben pocos ingresos y poseen escasa educación formal. Así es llevada a cabo una serie de actividades de la MPE que opera en un sector económico bajo condiciones informales, deficientemente organizadas y muchas de las veces en la ilegalidad.

Debido a la facilidad de manejo y bajo precio del método, el uso del mercurio en el proceso de beneficio del oro es bastante común en la MPE y el incremento de los precios del oro, que mientras registró en marzo de 2001 los US\$260/oz y para octubre de 2009 alcanzaba los US\$1.000/oz, ha incidido directamente en la demanda de mercurio con fines de empleo en su extracción, agravando así los problemas de contaminación y de salud humana.

De permanecer esta tendencia de alza en los precios del oro, es posible prever un consumo histórico de mercurio en todo el mundo y por ende un agravamiento de los riesgos a la salud humana en general, tanto en Colombia como en el mundo.

La MPE utiliza actualmente cerca de 650 a 1.000 toneladas de mercurio por año, siendo la responsable de la tercera parte de la contaminación con mercurio en todo el globo, de ellas aproximadamente el 30% son esparcidas directamente a la atmósfera, mientras que el restante 70% sería descargado en la tierra, ríos, lagos y arroyos.

La anterior problemática hizo necesaria la introducción de iniciativas como el Proyecto de Mercurio Global (GMP) de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), lanzada en el 2002 con el apoyo financiero de Global Environment Facility (GEF) y cofinanciada por los países afectados cuyo programa modelo se encuentra en Brasil, Indonesia, la República Democrática de Laos, Sudán, Tanzania y Zimbabue.

Los objetivos principales del GMP son:

1. Reducir la contaminación con mercurio en aguas internacionales, a causa de la MPE.
2. Introducir tecnologías más limpias para el beneficio del oro y entrenar a los mineros artesanales en su aplicación.
3. Desarrollar la capacidad y los mecanismos reguladores que permitirán al sector minimizar la contaminación con mercurio.
4. Introducir programas medioambientales y de salud en las regiones involucradas.
5. Mejorar la capacidad de los laboratorios locales para evaluar la magnitud e impacto de la contaminación con mercurio.

La meta primaria sigue siendo reducir el uso del mercurio, a través de la introducción de tecnologías para el beneficio del oro más limpias y llevando a cabo entrenamientos y campañas de capacitación a los mineros involucrados. También se pretende aconsejar los gobiernos y las instituciones locales y promover una regulación clara y fuerte para el comercio del mercurio.

² Ibídem, página 4.

Colombia es un país rico en recursos minerales como oro, carbón, platino, níquel, plata, caliza, piedras preciosas y semi-preciosas, arcilla, y calcáreos; el sector minero es responsable por del 14% del Producto Interno Bruto colombiano (PIB), siendo el oro y el carbón los dos minerales más importantes para el país. Los mineros artesanales son responsables del 70% de la producción del oro en Colombia ya que durante el 2005, la producción del oro en el país fue de 1.115.000 Onzas y solo el departamento de Antioquia aportó cerca del 60% de esta producción.

De otro lado, en regiones como Nordeste y Bajo-Cauca Antioqueño, Condoto, Istmina, Lloró en Chocó, Sur de Bolívar, Llanadas y Sotomayor en Nariño, Vetas y California en Santander, la población que depende económicamente de la minería alcanza el 90%, labor realizada principalmente por los hombres, aun cuando más del 10% de los obreros son mujeres o niños y muchos de estos acompañan a sus madres mientras trabajan exponiéndose e involucrándose en las actividades mineras. Algunas estimaciones consideran que el número de mineros artesanales en Colombia es de aproximadamente 220.000 personas.

En Colombia la Minería de Pequeña Escala es desarrollada de 3 formas diferentes:

1. Aluvial: Mediante dragas y retroexcavadoras que extraen y remueven el material de los lechos de los ríos y zonas aledañas, su producción supera las dos (2) toneladas de oro por año.

2. Veta: Desarrollada mediante la explotación de venas de cuarzo mineralizadas, las cuales son procesadas en sus propias plantas o en las de terceros, llevando el material extraído a través de túneles para ser triturado y posteriormente molido.

3. Subsistencia: Es la utilización de pequeñas cacerolas transportables, las cuales no cuentan con restricción legal para trabajar en los ríos y llanuras aluviales cercanas, normalmente estos “barequeros” trabajan en cercanía de otros proyectos mineros de mayor envergadura, en algunos lugares el número de mujeres asociado con esta práctica excede el número de hombres.

De acuerdo con resultados obtenidos en investigaciones realizadas por la Gobernación de Antioquia en los municipios de Segovia y Remedios, han sido encontradas concentraciones de mercurio en el aire de cerca de $340 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual equivale a 300 veces lo recomendado por organizaciones de salud pública como máxima para la exposición al vapor de mercurio.

Adicional a lo anterior, el alimento principal de estas comunidades es el pescado el cual ha demostrado ser afectado por la emisión o vertimiento del mercurio a las fuentes de agua.

Estudios efectuados por Corantioquia, la Universidad de Antioquia y la Universidad de Cartagena, han revelado una concentración por encima de $1.06 \mu\text{g Hg}/\text{g}$ en la mayoría de las especies encontrado en los ríos del área circundante.

Situación actual

Las comunidades dependientes de la minería se dedican en su mayoría a la explotación del oro en pequeñas unidades productivas de socavón, con escasa o ninguna mecanización en la mayoría de los casos, sin orientación geológica ni planeamiento minero y con beneficio de mineral rudimentario que no respeta el medio ambiente.

Las anteriores condiciones de trabajo elevan la contaminación con mercurio producida durante el proceso de beneficio, deteriorara la salud de los habitantes de la región y la calidad de los recursos naturales, al mismo tiempo que eleva los costos de la operación, disminuyendo así los ingresos, con ello la productividad y las regalías.

De acuerdo al último censo realizado por el Sisbén en las zonas mineras, el nivel de escolaridad de la población alcanza en promedio el 70% de básica primaria, aunque se presentan niveles de analfabetismo que son similares a los del resto de la población rural campesina del país. Esta situación aumenta el grado de vulnerabilidad de estas comunidades frente a su capacidad para llevar a cabo un proceso de desarrollo productivo ordenado o con algún tipo de cuidado con el medio ambiente y la salud de los habitantes.

Esta población en su mayor parte se dedica a la minería de oro artesanal y semiartesanal, adicionalmente otras alternativas de trabajo en sectores como la agricultura, ganadería y tala de maderas, también tiene de baja productividad y son adelantadas por lo general en suelos pobres, con pobre nivel tecnológico y por mano de obra no calificada.

De otra parte, el mercurio se encuentra en numerosos dispositivos de uso médico, como puede apreciarse en termómetros, tensiómetros y dilatares esofágicos; también se encuentra en lámparas fluorescentes, en las amalgamas dentales, en numerosos compuestos químicos y en dispositivos de medición de uso en laboratorios médicos.

Ante el derrame, rompimiento o eliminación inapropiada de alguno de estos dispositivos se genera la posibilidad de provocar daños a la salud y el ambiente; lo anterior explica la importancia del sector de la salud en el tema de la reducción del mercurio, ya que el mismo no sólo constituye una de las principales fuentes de demanda de mercurio y emisiones globales, sino que puede actuar como voceros en la construcción de conciencia sobre los efectos de su mala manipulación y los perjuicios que ocasiona su uso inapropiado.

Colombia carece de normativa que regule el uso, manipulación y comercialización del mercurio, así como de controles a las emisiones al ambiente, aspecto este que genera mayor exposición a su contaminación.

Este problema a su vez se ve aumentado por la falta de protocolos, causando graves problemas, tanto que cuando ocurren accidentes ambientales, los daños generados son de mayor magnitud e impacto a los que ocurrirían si el país contara con el debido marco legal y técnico.

Igualmente, la escasa información que existe sobre el mercurio en Colombia, hace prioritario elaborar un inventario de emisiones de mercurio y la creación de un registro de emisiones y transferencia de contaminantes.

Lo anterior sustenta claramente la necesidad de que Colombia se acoja a las políticas internacionales establecidas para el tema de reducción de mercurio entrando a solucionar sus dificultades en esta materia, por lo que se requiere empezar por desarrollar la legislación que respalde el tema y la asignación de la responsabilidad a la institucionalidad correspondiente en materia de salud y ambiente, en la vía de desarrollar toda una política pública completa para este tema. Por lo anterior se hace necesario empezar por reglamentar el uso del mercurio en estos dos sectores y establecer su eliminación, sin desconocer la importancia de evaluar y tomar medidas en otras fuentes que pueden tener alta significancia como son las emisiones de las centrales eléctricas alimentadas a carbón, las plantas de cloro-soda que funcionan con celdas de mercurio y la disposición de las baterías o pilas.

V. PLIEGO DE MODIFICACIONES

Se presentan las siguientes propuestas de cambio al texto que fue aprobado por la Comisión Quinta de Senado:

a) Título del proyecto de ley: Se propone sustituir una letra “y” por una “,” por considerarlo más apropiado de acuerdo con las reglas de puntuación:

| TEXTO APROBADO EN COMISIÓN QUINTA SENADO | TEXTO PROPUESTO PARA PLENARIA SENADO |
|---|--|
| <i>por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.</i> | <i>por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.</i> |

b) Artículo 3°, inciso 4°: Se propone aclarar el alcance del uso de los resultados de las investigaciones, salvaguardando los derechos de propiedad intelectual de los esos trabajos, aclarando el papel que tiene Colciencias en ello:

| TEXTO APROBADO EN COMISIÓN QUINTA SENADO | TEXTO PROPUESTO PARA PLENARIA SENADO |
|--|--|
| En la medida que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio en otras actividades industriales, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, basados en investigaciones realizadas por las diferentes instituciones de educación superior, Colciencias o cualquier otro ente reconocido que las efectúe. | En la medida que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio en otras actividades industriales, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, basados en investigaciones realizadas por las diferentes instituciones de educación superior, <u>las que promueva Colciencias o realice</u> cualquier otro ente reconocido <u>que las efectúe. En todo caso deberán protegerse los derechos de propiedad intelectual de acuerdo con la ley.</u> |

b) Artículo 11. Se propone armonizar el texto del inciso a, con su título en lo que se refiere a la denominación de “subcontrato”, así mismo se propone expresar la actividad en un sentido amplio para no restringir las diferentes posibilidades de la población objeto de los incentivos que se conceden, por lo que se adecúan algunas expresiones a este criterio y se propende por la formalización

como objeto del ajuste a fin de involucrar todos los esfuerzos para maximizarles el beneficio.

También se sustituye el nombre de Ministerio de Minas y Energía por el de Autoridad Nacional Minera, por ser de competencia de este y no de aquel lo que allí se le ordena.

En cuanto al inciso b), se propone empoderar al Ministerio de Minas y Energía en la aplicación del instrumento a fin de que sea garante de la correcta utilización de la figura de devolución y se eliminan expresiones redundantes.

Para el inciso c, se aclara el parámetro técnico mediante la determinación del volumen explotado al incluir la expresión “al día”. A continuación se presenta un cuadro comparativo de los cambios propuestos en este artículo:

| TEXTO APROBADO EN COMISIÓN QUINTA SENADO | TEXTO PROPUESTO PARA PLENARIA SENADO |
|--|--|
| <p>Artículo 11. Incentivos para la Formalización. Con el fin de impulsar y consolidar la formalización de la actividad minera, especialmente de pequeños mineros auríferos, el Gobierno Nacional podrá emplear los siguientes instrumentos:</p> <p>a) Subcontrato de Formalización Minera. Los explotadores mineros de pequeña escala o pequeños mineros auríferos, que a la fecha de expedición de la presente ley se encuentren adelantando actividades de extracción o de beneficio de oro dentro de áreas otorgadas a un tercero mediante título minero, podrán con previa autorización de la autoridad minera, suscribir contratos de explotación con el titular de dicha área, para adelantar esas actividades por un periodo no inferior a cuatro (4) años prorrogables.</p> <p>El Ministerio de Minas y Energía efectuará la respectiva anotación en el Registro Nacional Minero en un término no mayor a los quince (15) días hábiles siguientes a la aprobación del contrato de formalización por parte de la autoridad minera.</p> <p>La suscripción de un contrato de formalización minera no implicará la división o fraccionamiento del título minero en cuya área se otorga el derecho a realizar actividades de minería; no obstante podrán adelantarse labores de auditoría o fiscalización diferencial e independiente y quienes sean beneficiarios de uno de estos contratos, tendrán bajo su responsabilidad el manejo técnico-minero, ambiental y de seguridad e higiene de la operación del área establecida, así como de las sanciones derivadas de incumplimiento normativo o legal.</p> <p>El titular minero que celebre contratos de explotación minera deberá velar por el cumplimiento de las obligaciones del contrato suscrito y seguirá siendo responsable por las obligaciones de su título y contrato, con excepción de aquellas que se mencionan en el presente artículo.</p> <p>El Gobierno Nacional reglamentará las condiciones y requisitos para la celebración de estos contratos y en todo caso velará por la continuidad de la actividad productiva, en condiciones de formalidad y de acuerdo con las leyes y reglamentos, a esta población, en caso de no serle aplicable este instrumento.</p> | <p>Artículo 11. Incentivos para la Formalización. Con el fin de impulsar y consolidar la formalización de la actividad minera, especialmente de pequeños mineros auríferos, el Gobierno Nacional deberá emplear los siguientes instrumentos:</p> <p>a) Subcontrato de Formalización Minera. Los explotadores mineros de pequeña escala o pequeños mineros auríferos, que a la fecha de expedición de la presente ley se encuentren adelantando actividades de extracción o de beneficio de oro dentro de áreas otorgadas a un tercero mediante título minero, podrán con previa autorización de la autoridad minera competente, suscribir subcontratos de explotación <u>formalización minera</u> con el titular de dicha área, para adelantar esas actividades <u>continuar adelantando su explotación</u> por un periodo no inferior a cuatro (4) años prorrogables.</p> <p><u>La Autoridad Minera Nacional</u> El Ministerio de Minas y Energía efectuará la respectiva anotación en el Registro Minero Nacional en un término no mayor a los quince (15) días hábiles siguientes a la aprobación del subcontrato de formalización por parte de la autoridad minera competente.</p> <p>La suscripción de un <u>subcontrato</u> de formalización minera no implicará la división o fraccionamiento del título minero en cuya área se otorga el derecho a realizar actividades de minería <u>explotación minera</u>; no obstante podrán adelantarse labores de auditoría o fiscalización diferencial e independiente y quienes sean beneficiarios de uno de estos subcontratos, tendrán bajo su responsabilidad el manejo técnico-minero, ambiental y de seguridad e higiene minera de la operación del área establecida, así como de las sanciones derivadas de incumplimiento normativo o legal.</p> <p>El titular minero que celebre <u>subcontratos</u> de explotación minera deberá velar por el cumplimiento de las obligaciones del <u>subcontrato</u> suscrito y seguirá siendo responsable por las obligaciones del área de su título, con excepción de aquellas que se mencionan en el presente artículo.</p> <p>El Gobierno Nacional reglamentará las condiciones y requisitos para <u>la celebración y ejecución de estos subcontratos</u> y en todo caso velará por la continuidad de la actividad productiva, en condiciones de formalidad y de acuerdo con las leyes y reglamentos, de a esta población, en caso de no serle aplicable este instrumento.</p> |

| TEXTO APROBADO EN COMISIÓN QUINTA SENADO | TEXTO PROPUESTO PARA PLENARIA SENADO |
|--|---|
| <p>b) Devolución de áreas para la Formalización Minera. Entiéndase por devolución de áreas para formalización minera, la renuncia a la explotación o devolución que el beneficiario de un título minero hace por decisión directa de una parte del área que le fue otorgada, con el fin de contribuir a la formalización de los pequeños mineros que hayan llevado a cabo su actividad dentro del área que le fue otorgada. En ningún caso se podrá disponer del área devuelta, para ser destinada a beneficiarios diferentes a aquellos que se encontraban previamente efectuando actividades de minería dentro del área devuelta.</p> <p>El Ministerio de Minas y Energía reglamentará el procedimiento, los requisitos para el acceso, evaluación, otorgamiento y administración de estas áreas y la definición de pequeño minero; a través de la dirección de formalización minera o quien haga sus veces, administrará el registro de las áreas devueltas y la autoridad minera nacional lo operará.</p> <p>c) Beneficios para la Formalización. Los titulares mineros de oro que cuya capacidad instalada les permita procesar hasta 20 toneladas de material mineralizado o que se encuentre en proceso de formalización, que estén inscritos en el registro de usuarios de mercurio señalado en el artículo 4º de la presente ley y que además presenten ante la Dirección de Formalización Minera del Ministerio de Minas y Energía un plan de trabajo de reducción paulatina del mercurio en su proceso de extracción y beneficio del oro, tendrán prioridad para acceder a la oferta institucional de dicho Ministerio establecidos en el programa de formalización minera.</p> | <p>b) Devolución de Áreas para la Formalización Minera. Entiéndase por devolución de áreas para formalización minera, la renuncia a la explotación o devolución que el beneficiario de un título minero hace <u>producto de la mediación realizada por el Ministerio de Minas y Energía o la Autoridad Minera competente</u> o por decisión directa de este de una parte del área que le fue otorgada, con el fin de contribuir a la formalización de los pequeños mineros que hayan llevado a cabo su explotación dentro el área que le fue otorgada de dicha área. En ningún caso se podrá disponer del área devuelta, para ser destinada a beneficiarios diferentes a aquellos que se encontraban previamente efectuando actividades de minería dentro del área devuelta.</p> <p>El Ministerio de Minas y Energía reglamentará el procedimiento, los requisitos para el acceso, evaluación, otorgamiento y administración de estas áreas y la definición de pequeño minero; a través de la Dirección de Formalización Minera o quien haga sus veces y la autoridad minera nacional administrará y operará el registro de las áreas devueltas. y la autoridad minera nacional lo operará.</p> <p>c) Beneficios para la Formalización. Los titulares mineros de oro que cuya capacidad instalada les permita procesar hasta 20 toneladas de material mineralizado <u>al día</u>, barequeros o mineros que se encuentren en proceso de formalización, que estén inscritos en el registro de usuarios de mercurio señalado en el artículo 4º de la presente ley y que además presenten ante la Dirección de Formalización Minera del Ministerio de Minas y Energía un plan de trabajo de reducción paulatina del mercurio en su proceso de beneficio del oro, tendrán prioridad para acceder a la oferta institucional de dicho Ministerio establecidos en el programa de formalización minera.</p> |

c) Artículo 12. Se propone eliminar la expresión “En igual sentido” y adecuar la frase para salvaguardar las características propias de cada instrumento, a continuación cuadro comparativo de la totalidad del artículo que muestra el cambio propuesto:

| TEXTO APROBADO EN COMISIÓN QUINTA SENADO | TEXTO PROPUESTO PARA PLENARIA SENADO |
|--|--|
| <p>Artículo 12. Establecimiento del Sello Minero Ambiental Colombiano.</p> <p>En un plazo no mayor a seis (6) meses, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá la reglamentación que establece y regula el “Sello Minero Ambiental Colombiano”, mediante el cual y de acuerdo con los procedimientos que para efectos similares ha determinado, se podrá identificar el producto de las actividades mineras que no usen mercurio y emplean procedimientos amigables con el medio ambiente. Para el efecto el Ministerio de Minas y Energía promoverá el desarrollo de las normas técnicas necesarias para garantizar la aplicación del reglamento que aquí se establece.</p> | <p>Artículo 12. Establecimiento del Sello Minero Ambiental Colombiano.</p> <p>En un plazo no mayor a seis (6) meses, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá la reglamentación que establece y regula el “Sello Minero Ambiental Colombiano”, mediante el cual y de acuerdo con los procedimientos que para efectos similares ha determinado, se podrá identificar el producto de las actividades mineras que no usen mercurio y emplean procedimientos amigables con el medio ambiente. Para el efecto el Ministerio de Minas y Energía promoverá el desarrollo de las normas técnicas necesarias para garantizar la aplicación del reglamento que aquí se establece.</p> |

| TEXTO APROBADO EN COMISIÓN QUINTA SENADO | TEXTO PROPUESTO PARA PLENARIA SENADO |
|---|--|
| <p>En igual sentido el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo para el caso de los procesos industriales y sus productos, impulsará la solicitud y apoyará el desarrollo de los estudios de factibilidad que deban realizarse para la selección de las diferentes categorías de productos que permitan la aplicación del “Sello Ambiental Colombiano”, de acuerdo con lo dispuesto en la presente ley, en especial lo relacionado con Mercurio.</p> | <p>En igual sentido El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo para el caso de los procesos industriales y sus productos, impulsará la solicitud y apoyará el desarrollo de los estudios de factibilidad que deban realizarse para la selección de las diferentes categorías de productos que permitan la aplicación del “Sello Ambiental Colombiano”, de acuerdo con lo dispuesto en la presente ley, en especial lo relacionado con Mercurio.</p> |

d) Artículo 15. Se propone eliminar las expresiones “sanción” y “publicación en el *Diario Oficial*” así:

| TEXTO APROBADO EN COMISIÓN QUINTA SENADO | TEXTO PROPUESTO PARA PLENARIA SENADO |
|--|--|
| <p>Artículo 15. Vigencia. La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el <i>Diario Oficial</i>.</p> | <p>Artículo 15. Vigencia. La presente ley entrará a regir a partir de su sanción; promulgación y publicación en el <i>Diario Oficial</i>.</p> |

VI. Proposición

Presento ponencia positiva y propongo a la honorable Plenaria del Senado de la República dar último debate al Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado, 036 de 2012 Cámara, *por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.*

Maritza Martínez Aristizábal,

Ponente.

TEXTO PROPUESTO PARA SEGUNDO DEBATE EN SENADO AL PROYECTO DE LEY NÚMERO 168 DE 2012 SENADO, 036 DE 2012 CÁMARA

por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de Colombia

DECRETA:

Artículo 1º. *Objeto.* A efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, reglántese en todo el territorio nacional el uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, cualquiera que ellas sean.

Artículo 2º. *Acuerdos y convenios de cooperación internacional.* Se adoptará una política nacional en materia de salud, seguridad y medio ambiente para la reducción y eliminación del uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país donde se utilice dicha sustancia; para lo cual se podrán suscribir convenios, programas y proyectos de cooperación internacional con el fin de aprovechar la experiencia, la asesoría, la capacitación, la tecnología, los recursos humanos, fi-

nancieros y técnicos, de dichos organismos para promover la reducción y eliminación del uso del mercurio.

Artículo 3°. *Reducción y eliminación del uso de mercurio.* El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Trabajo establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible, el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país.

Erradíquese el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a diez (10) años y para la minería en un plazo máximo de cinco (5) años. El Gobierno Nacional dispondrá todos los instrumentos tecnológicos y las respectivas decisiones con todos los entes y organizaciones responsables del ambiente y el desarrollo sostenible.

El Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, con el apoyo de Colciencias liderarán el desarrollo, transferencia de implementación de procesos, estrategias y medidas de reducción y eliminación del uso del mercurio al interior de su sector con la participación de los actores destinatarios de la presente ley; para tal efecto promoverán que las instituciones de educación superior desarrollen actividades de formación, investigación y proyección social, en el marco de su autonomía, a través de convenios u otro tipo de iniciativas que se orienten hacia la consecución de estos objetivos.

En la medida que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio en otras actividades industriales, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, basados en investigaciones realizadas por las diferentes instituciones de educación superior, las que promueva Colciencias o realice cualquier otro ente reconocido. En todo caso deberán protegerse los derechos de propiedad intelectual de acuerdo con la ley.

Las autoridades ambientales, urbanas, regionales y de desarrollo sostenible, así como las secretarías de salud y las direcciones territoriales de trabajo, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

Artículo 4°. *Registro de Usuarios de Mercurio.* El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentará en un término no mayor a seis (6) meses a partir de la promulgación de la presente ley, el establecimiento del Registro de Usuarios de Mercurio de manera gradual, comenzando por el sector minero del país. Este registro será implementado por las autoridades ambientales bajo el Registro Único Ambiental, del Sistema de Información Ambiental que administra el Ideam en un plazo no mayor a dos (2) años después de emitirse la regulación correspondiente.

Parágrafo 1°. El Ministerio de Minas y Energía diseñará una estrategia para promover el registro de usuarios del mercurio al interior de su sector y en la medida en que el registro sea obligatorio para otras actividades productivas, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de dicha estrategia.

Parágrafo 2°. A partir de la implementación del Registro, las personas naturales y jurídicas que incumplan esta obligación serán sancionadas; el Gobierno Nacional regulará la materia.

Artículo 5°. *Seguimiento y control a la importación y comercialización del mercurio.* El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en coordinación con el Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) en un término máximo de dos (2) años, establecerán medidas de control y restricción a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contengan y creará un Registro Único Nacional de importadores y comercializadores autorizados.

Las autoridades aduanera y policivas, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

Artículo 6°. *Producción más limpia en las diferentes actividades industriales y mineras.* En el periodo de cinco (5) años, propuesto en el artículo 3° de esta ley, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo y Colciencias con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las autoridades ambientales promoverán con las diferentes instituciones de educación superior del país, el sector privado y demás entidades o actores, el desarrollo de convenios, proyectos y programas, para la implementación de estrategias de producción más limpia, para alcanzar la meta propuesta de eliminación del uso del mercurio.

Artículo 7°. *Alternativas limpias.* Colciencias, fomentará la realización de investigaciones de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio, el desarrollo y aplicación de las mismas.

Los Ministerios de Minas y Energía, Comercio, Industria y Turismo, Educación y el SENA promoverán y desarrollarán en el marco de sus competencias la realización de programas de formación, capacitación, fortalecimiento empresarial y asistencia técnica, para la inserción de las tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productivos asociados, que requieren de la utilización del mercurio; pudiendo emplear como insumo los resultados de las investigaciones adelantadas por Colciencias.

Para tal efecto se podrán realizar convenios con el sector privado, las instituciones de Educación Superior y las empresas de Servicios Públicos, para que desarrollen estos programas que se destinarán a la población objeto de esta ley, incluyendo

la información respecto de los riesgos y afectaciones a la salud humana y al medio ambiente por la exposición al mercurio.

Artículo 8° *Reglamentación*. El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con los demás ministerios competentes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Trabajo, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Transporte y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo) y, sectorialmente y en el marco de sus competencias, deberán suscribir un Plan Único Nacional de Mercurio y elaborarán los reglamentos técnicos en el término máximo de un año, una vez finalizado el registro del artículo 4° para el desarrollo de las actividades relacionadas con cada una de las etapas del ciclo de vida del mercurio (uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final).

Artículo 9°. *Prohibición de nuevas plantas de beneficio de minerales preciosos y control de las existentes*. Se prohíbe la ubicación de nuevas plantas de beneficio de oro que usen mercurio y la quema de amalgama de mercurio y oro, en zonas de uso residencial, comercial, institucional y recreativo.

Parágrafo. Para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con el funcionamiento de las nuevas plantas de beneficio de oro, se requerirá por parte de la autoridad ambiental competente la respectiva licencia ambiental dado el deterioro grave que estas actividades generan al ambiente y a la salud.

En los casos de las plantas de beneficio de oro existentes al momento de la expedición de la presente ley y que se encuentren en las zonas de uso del suelo señaladas como prohibidas en el párrafo anterior, tendrán un plazo máximo de tres (3) años para su reubicación a partir de la publicación de la presente ley.

Para tal fin las autoridades municipales deberán definir zonas de uso compatible para el desarrollo de esta actividad en los Planes de Ordenamiento Territorial, los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial o los Esquemas de Ordenamiento Territorial según sea el caso. Estas actividades también podrán ser realizadas en áreas cobijadas por títulos mineros debidamente inscritos en el Registro Nacional Minero que cuenten con autorización ambiental para su desarrollo.

No obstante lo anterior y mientras dure el proceso de reubicación de las mencionadas plantas, los titulares de las mismas deberán adoptar un plan de manejo ambiental y reducción de mercurio, el cual será reglamentado por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en un término no mayor de seis (6) meses a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, y cuyo control y seguimiento estará a cargo de la autoridad ambiental del área de jurisdicción de la planta.

Con el fin de identificar las plantas de beneficio existentes antes de la promulgación de esta ley y ubicadas en las zonas prohibidas en el presente artículo, los alcaldes municipales junto con las autoridades ambientales, sanitarias y mineras realizarán un censo de los mismos en un término no mayor a un (1) año a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, con el fin de diseñar e implementar un programa reubicación de tales actividades de acuerdo con lo establecido en el presente artículo.

Una vez terminado el plazo previsto en el presente artículo, los alcaldes, las autoridades ambientales, y/o las demás autoridades competentes, procederán al cierre de las plantas de beneficio de oro que se encuentren en zonas prohibidas señaladas en el presente artículo y/o que no cumplan con la normativa ambiental vigente.

Artículo 10. *Incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio en el sector minero*. A fin de lograr la reducción y posterior eliminación del uso de mercurio en el beneficio del mineral de oro, así como la reubicación de plantas de beneficio de oro existentes antes de la entrada en vigencia de la presente ley, y de posibilitar para la pequeña minería el desarrollo social y el incremento de la productividad y seguridad e higiene minero, se adelantarán programas de incentivos que incluyan:

a) Ofrecer por una única vez, y en un período de cinco (5) años contados a partir de la promulgación de la presente ley, créditos blandos, a través del Banco Agrario y Finagro u otra agencia del Estado especializada, a los dueños de las plantas de beneficio de oro, para la reducción y eliminación del uso de mercurio y para la reubicación o traslado de dichas plantas a zonas compatibles con los planes de ordenamiento territorial. Igualmente ofrecer por el mismo período de tiempo a pequeños mineros auríferos, créditos blandos para financiar las adquisiciones necesarias para efectuar la reconversión y uso de nuevas tecnologías de extracción y beneficios del oro que no emplean mercurio;

b) El Ministerio de Minas y Energía establecerá programas y proyectos de financiamiento que generen, mecanismos o herramientas para facilitar el accesos a recursos financieros del sistema bancario al pequeño minero a nivel nacional, así como la destinación de recursos para financiar o cofinanciar proyectos mineros definidos por dicho ministerio.

De igual forma el Ministerio de Minas y Energía destinará como mínimo el treinta por ciento (30%) de los recursos existentes a la entrada en vigencia de la presente ley, de que trata el artículo 151 de la Ley 1530 de 2012, para mejorar la productividad, seguridad y sostenibilidad de quienes se dedican a la extracción o beneficio de oro en pequeña escala o pequeños mineros auríferos, en el proceso de sustitución del uso del mercurio por otras tecnologías que no lo emplean, utilizándolos en la ejecución de programas y proyectos de apoyo

directo a esta población, de forma que con ellos puedan recibir cofinanciación o financiación para la adquisición de los activos requeridos para lograr reconversión, obtener la apropiación del conocimiento de los nuevos procesos, recibir asistencia técnica, recibir apoyo o incentivos en la obtención del acceso a los créditos blandos como la financiación o cofinanciación de las primas de seguro, avales o avales complementarios, costos de estructuración de las solicitudes de crédito, tasas de interés o cualquier otro instrumento que les facilite el acceso.

El monto de los recursos destinados para este efecto podrá ser incrementado de conformidad con lo que sea dispuesto por el Presupuesto General de la Nación para cada año.

Estos incentivos no aplicarán en los casos que se requiera realizar la reconversión tecnológica en zonas prohibidas de las que trata el artículo 9°.

Parágrafo. El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Ministerio de Minas y Energía, el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Fondo de Desarrollo Regional, asignarán o promoverán las partidas presupuestales que sean necesarias, para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la presente ley en cabeza de los diferentes ministerios, entidades territoriales y autoridades competentes.

Artículo 11. *Incentivos para la Formalización.* Con el fin de impulsar y consolidar la formalización de la actividad minera, especialmente de pequeños mineros auríferos, el Gobierno Nacional deberá emplear los siguientes instrumentos:

a) **Subcontrato de Formalización Minera.** Los explotadores mineros de pequeña escala o pequeños mineros, que a la fecha de expedición de la presente ley se encuentren adelantando actividades de explotación dentro de áreas otorgadas a un tercero mediante título minero, podrán con previa autorización de la autoridad minera competente, suscribir subcontratos de formalización minera con el titular de dicha área, para continuar adelantando su explotación por un periodo no inferior a cuatro (4) años prorrogables.

La Autoridad Minera Nacional efectuará la respectiva anotación en el Registro Minero Nacional en un término no mayor a los quince (15) días hábiles siguientes a la aprobación del subcontrato de formalización por parte de la autoridad minera competente.

La suscripción de un subcontrato de formalización minera no implicará la división o fraccionamiento del título minero en cuya área se otorga el derecho a realizar actividades de explotación minera; no obstante podrán adelantarse labores de auditoría o fiscalización diferencial e independiente y quienes sean beneficiarios de uno de estos subcontratos, tendrán bajo su responsabilidad el manejo técnico-minero, ambiental y de seguridad e higiene minera de la operación del área establecida, así como de las sanciones derivadas de incumplimiento normativo o legal.

El Gobierno Nacional reglamentará las condiciones y requisitos para la celebración y ejecución de estos subcontratos y en todo caso velará por la continuidad de la actividad productiva, en condiciones de formalidad y de acuerdo con las leyes y reglamentos, de esta población, en caso de no serle aplicable este instrumento;

b) **Devolución de Áreas para la Formalización Minera.** Entiéndase por devolución de áreas para formalización minera, la devolución que el beneficiario de un título minero hace producto de la mediación realizada por el Ministerio de Minas y Energía o la Autoridad Minera competente o por decisión directa de este de una parte del área que le fue otorgada, con el fin de contribuir a la formalización de los pequeños mineros que hayan llevado a cabo su explotación de dicha área.

En ningún caso se podrá disponer del área devuelta, para ser destinada a beneficiarios diferentes a aquellos que se encontraban previamente efectuando actividades de minería dentro del área devuelta.

El Ministerio de Minas y Energía reglamentará el procedimiento, los requisitos para el acceso, evaluación, otorgamiento y administración de estas áreas y la definición de pequeño minero; a través de la Dirección de Formalización Minera o quien haga sus veces y la autoridad minera nacional administrará y operará el registro de las áreas devueltas;

c) **Beneficios para la Formalización.** Los titulares mineros de oro que cuya capacidad instalada les permita procesar hasta 20 toneladas de material mineralizado al día, barequeros o mineros que se encuentre en proceso de formalización, que estén inscritos en el registro de usuarios de mercurio señalado en el artículo 4° de la presente ley y que además presenten ante la Dirección de Formalización Minera del Ministerio de Minas y Energía un plan de trabajo de reducción paulatina del mercurio en su proceso de beneficio del oro, tendrán prioridad para acceder a la oferta institucional de dicho Ministerio establecidos en el programa de formalización minera.

Artículo 12. *Establecimiento del Sello Minero Ambiental Colombiano.* En un plazo no mayor a seis (6) meses, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá la reglamentación que establece y regula el “Sello Minero Ambiental Colombiano”, mediante el cual y de acuerdo con los procedimientos que para efectos similares ha determinado, se podrá identificar el producto de las actividades mineras que no usen mercurio y emplean procedimientos amigables con el medio ambiente. Para el efecto el Ministerio de Minas y Energía promoverá el desarrollo de las normas técnicas necesarias para garantizar la aplicación del reglamento que aquí se establece.

El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo para el caso de los procesos industriales y sus productos, impulsará la solicitud y apoyará el desarrollo de los estudios de factibilidad que deban

realizarse para la selección de las diferentes categorías de productos que permitan la aplicación del “Sello Ambiental Colombiano”, de acuerdo con lo dispuesto en la presente Ley, en especial lo relacionado con Mercurio.

Artículo 13. *Decomiso*. El incumplimiento de los preceptos de que trata la presente ley, y las que establezcan los reglamentos, dará lugar al decomiso respectivo. El procedimiento de decomiso se efectuará de conformidad con las medidas previstas en los reglamentos, expedidos por el Ministerio de Minas y Energía, sin perjuicio de las demás sanciones que establezcan los reglamentos.

Artículo 14. *Sanciones*. Aquellos funcionarios que incumplan lo dispuesto en la presente ley y en los reglamentos, serán sancionados disciplinariamente y su conducta será entendida como grave al tenor de lo establecido en la Ley 734 de 2002.

Artículo 15. *Vigencia*. La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el *Diario Oficial*.

Maritza Martínez Aristizábal,
Ponente.

COMISIÓN QUINTA CONSTITUCIONAL DEL
HONORABLE SENADO DE LA REPÚBLICA

Se autoriza el presente informe de ponencia para segundo debate.

La Presidenta,

Nora María García Burgos.

La Secretaria General,

Delcy Hoyos Abad.

**TEXTO APROBADO EN PRIMER DEBATE
POR LA COMISIÓN QUINTA CONSTITUCIONAL PERMANENTE DEL HONORABLE SENADO DE LA REPÚBLICA AL PROYECTO DE LEY NÚMERO 168 DE 2012 SENADO**

por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de Colombia

DECRETA:

Artículo 1°. *Objeto*. A efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, reglamente el uso del territorio nacional el uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, cualquiera que ellas sean.

Artículo 2°. *Acuerdos y convenios de cooperación internacional*. Se adoptará una política nacional en materia de salud, seguridad y medio ambiente para la reducción y eliminación del uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país donde se utilice dicha sustancia; para lo cual se podrán suscribir convenios, programas y proyectos de cooperación internacional con el fin

de aprovechar la experiencia, la asesoría, la capacitación, la tecnología, los recursos humanos, financieros y técnicos, de dichos organismos para promover la reducción y eliminación del uso del mercurio.

Artículo 3°. *Reducción y eliminación del uso de mercurio*. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Trabajo establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible, el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país.

Erradíquese el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a diez (10) años y para la minería en un plazo máximo de cinco (5) años. El Gobierno Nacional dispondrá todos los instrumentos tecnológicos y las respectivas decisiones con todos los entes y organizaciones responsables del ambiente y el desarrollo sostenible.

El Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, con el apoyo de Colciencias liderarán el desarrollo, transferencia de implementación de procesos, estrategias y medidas de reducción y eliminación del uso del mercurio al interior de su sector con la participación de los actores destinatarios de la presente ley; para tal efecto promoverán que las instituciones de educación superior desarrollen actividades de formación, investigación y proyección social, en el marco de su autonomía, a través de convenios u otro tipo de iniciativas que se orienten hacia la consecución de estos objetivos.

En la medida que sea regulada la reducción y eliminación del mercurio en otras actividades industriales, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de las estrategias de reducción y eliminación del mercurio, basados en investigaciones realizadas por las diferentes instituciones de educación superior, Colciencias o cualquier otro ente reconocido que las efectúe.

Las autoridades ambientales, urbanas, regionales y de desarrollo sostenible, así como las secretarías de salud y las direcciones territoriales de trabajo, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

Artículo 4°. *Registro de Usuarios de Mercurio*. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentará en un término no mayor a seis (6) meses a partir de la promulgación de la presente ley, el establecimiento del Registro de Usuarios de Mercurio de manera gradual, comenzando por el sector minero del país. Este registro será implementado por las autoridades ambientales bajo el Registro Único Ambiental, del Sistema de Información Ambiental que administra el Ideam en un plazo no mayor a dos (2) años después de emitirse la regulación correspondiente.

Parágrafo 1°. El Ministerio de Minas y Energía diseñará una estrategia para promover el registro de usuarios del mercurio al interior de su sector y en la medida en que el registro sea obligatorio para otras actividades productivas, corresponderá al ministerio del ramo liderar al interior de su sector la implementación de dicha estrategia.

Parágrafo 2°. A partir de la implementación del Registro, las personas naturales y jurídicas que incumplan esta obligación serán sancionadas; el Gobierno Nacional regulará la materia.

Artículo 5°. *Seguimiento y control a la importación y comercialización del mercurio.* El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en coordinación con el Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) en un término máximo de dos (2) años, establecerán medidas de control y restricción a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contengan y creará un Registro Único Nacional de importadores y comercializadores autorizados.

Las autoridades aduanera y policivas, realizarán el control y vigilancia a las medidas que el Gobierno Nacional reglamente de acuerdo con sus competencias.

Artículo 6°. *Producción más limpia en las diferentes actividades industriales y mineras.* En el periodo de cinco (5) años, propuesto en el artículo 3° de esta ley, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo y Colciencias con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las autoridades ambientales promoverán con las diferentes instituciones de educación superior del país, el sector privado y demás entidades o actores, el desarrollo de convenios, proyectos y programas, para la implementación de estrategias de producción más limpia, para alcanzar la meta propuesta de eliminación del uso del mercurio.

Artículo 7°. *Alternativas limpias.* Colciencias, fomentará la realización de investigaciones de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio, el desarrollo y aplicación de las mismas.

Los Ministerios de Minas y Energía, Comercio, Industria y Turismo, Educación y el SENA promoverán y desarrollarán en el marco de sus competencias la realización de programas de formación, capacitación, fortalecimiento empresarial y asistencia técnica, para la inserción de las tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productivos asociados, que requieren de la utilización del mercurio; pudiendo emplear como insumo los resultados de las investigaciones adelantadas por Colciencias.

Para tal efecto se podrán realizar convenios con el sector privado, las instituciones de Educación Superior y las empresas de Servicios Públicos, para que desarrollen estos programas que se destinarán a la población objeto de esta ley, incluyendo

la información respecto de los riesgos y afectaciones a la salud humana y al medio ambiente por la exposición al mercurio.

Artículo 8° *Reglamentación.* El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con los demás ministerios competentes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Trabajo, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Transporte y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo) y, sectorialmente y en el marco de sus competencias, deberán suscribir un Plan Único Nacional de Mercurio y elaborarán los reglamentos técnicos en el término máximo de un año, una vez finalizado el registro del artículo 4° para el desarrollo de las actividades relacionadas con cada una de las etapas del ciclo de vida del mercurio (uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final).

Artículo 9°. *Prohibición de nuevas plantas de beneficio de minerales preciosos y control de las existentes.* Se prohíbe la ubicación de nuevas plantas de beneficio de oro que usen mercurio y la quema de amalgama de mercurio y oro, en zonas de uso residencial, comercial, institucional y recreativo.

Parágrafo. Para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con el funcionamiento de las nuevas plantas de beneficio de oro, se requerirá por parte de la autoridad ambiental competente la respectiva licencia ambiental dado el deterioro grave que estas actividades generan al ambiente y a la salud.

En los casos de las plantas de beneficio de oro existentes al momento de la expedición de la presente ley y que se encuentren en las zonas de uso del suelo señaladas como prohibidas en el párrafo anterior, tendrán un plazo máximo de tres (3) años para su reubicación a partir de la publicación de la presente ley.

Para tal fin las autoridades municipales deberán definir zonas de uso compatible para el desarrollo de esta actividad en los Planes de Ordenamiento Territorial, los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial o los Esquemas de Ordenamiento Territorial según sea el caso. Estas actividades también podrán ser realizadas en áreas cobijadas por títulos mineros debidamente inscritos en el Registro Nacional Minero que cuenten con autorización ambiental para su desarrollo.

No obstante lo anterior y mientras dure el proceso de reubicación de las mencionadas plantas, los titulares de las mismas deberán adoptar un plan de manejo ambiental y reducción de mercurio, el cual será reglamentado por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en un término no mayor de seis (6) meses a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, y cuyo control y seguimiento estará a cargo de la autoridad ambiental del área de jurisdicción de la planta.

Con el fin de identificar las plantas de beneficio existentes antes de la promulgación de esta ley y ubicadas en las zonas prohibidas en el presente artículo, los alcaldes municipales junto con las autoridades ambientales, sanitarias y mineras realizarán un censo de los mismos en un término no mayor a un (1) año a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, con el fin de diseñar e implementar un programa reubicación de tales actividades de acuerdo con lo establecido en el presente artículo.

Una vez terminado el plazo previsto en el presente artículo, los alcaldes, las autoridades ambientales, y/o las demás autoridades competentes, procederán al cierre de las plantas de beneficio de oro que se encuentren en zonas prohibidas señaladas en el presente artículo y/o que no cumplan con la normativa ambiental vigente.

Artículo 10. Incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio en el sector minero. A fin de lograr la reducción y posterior eliminación del uso de mercurio en el beneficio del mineral de oro, así como la reubicación de plantas de beneficio de oro existentes antes de la entrada en vigencia de la presente ley, y de posibilitar para la pequeña minería el desarrollo social y el incremento de la productividad y seguridad e higiene minera, se adelantarán programas de incentivos que incluyan:

a) Ofrecer por una única vez, y en un período de cinco (5) años contados a partir de la promulgación de la presente ley, créditos blandos, a través del Banco Agrario y Finagro u otra agencia del Estado especializada, a los dueños de las plantas de beneficio de oro, para la reducción y eliminación del uso de mercurio y para la reubicación o traslado de dichas plantas a zonas compatibles con los planes de ordenamiento territorial. Igualmente ofrecer por el mismo período de tiempo a pequeños mineros auríferos, créditos blandos para financiar las adquisiciones necesarias para efectuar la reconversión y uso de nuevas tecnologías de extracción y beneficios del oro que no emplean mercurio;

b) El Ministerio de Minas y Energía establecerá programas y proyectos de financiamiento que generen, mecanismos o herramientas para facilitar el acceso a recursos financieros del sistema bancario al pequeño minero a nivel nacional, así como la destinación de recursos para financiar o cofinanciar proyectos mineros definidos por dicho ministerio.

De igual forma el Ministerio de Minas y Energía destinará como mínimo el treinta por ciento (30%) de los recursos existentes a la entrada en vigencia de la presente ley, de que trata el artículo 151 de la Ley 1530 de 2012, para mejorar la productividad, seguridad y sostenibilidad de quienes se dedican a la extracción o beneficio de oro en pequeña escala o pequeños mineros auríferos, en el proceso de sustitución del uso del mercurio por otras tecnologías que no lo emplean, utilizándolos en la ejecución de programas y proyectos de apoyo

directo a esta población, de forma que con ellos puedan recibir cofinanciación o financiación para la adquisición de los activos requeridos para lograr reconversión, obtener la apropiación del conocimiento de los nuevos procesos, recibir asistencia técnica, recibir apoyo o incentivos en la obtención del acceso a los créditos blandos como la financiación o cofinanciación de las primas de seguro, avales o avales complementarios, costos de estructuración de las solicitudes de crédito, tasas de interés o cualquier otro instrumento que les facilite el acceso.

El monto de los recursos destinados para este efecto podrá ser incrementado de conformidad con lo que sea dispuesto por el Presupuesto General de la Nación para cada año.

Estos incentivos no aplicarán en los casos que se requiera realizar la reconversión tecnológica en zonas prohibidas de las que trata el artículo 9°.

Parágrafo. El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Ministerio de Minas y Energía, el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Fondo de Desarrollo Regional, asignarán o promoverán las partidas presupuestales que sean necesarias, para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la presente ley en cabeza de los diferentes ministerios, entidades territoriales y autoridades competentes.

Artículo 11. Incentivos para la Formalización. Con el fin de impulsar y consolidar la formalización de la actividad minera, especialmente de pequeños mineros auríferos, el Gobierno Nacional deberá emplear los siguientes instrumentos:

a) **Subcontrato de Formalización Minera.** Los explotadores mineros de pequeña escala o pequeños mineros, que a la fecha de expedición de la presente ley se encuentren adelantando actividades de explotación dentro de áreas otorgadas a un tercero mediante título minero, podrán con previa autorización de la autoridad minera competente, suscribir subcontratos de formalización minera con el titular de dicha área, para continuar adelantando su explotación por un periodo no inferior a cuatro (4) años prorrogables.

El Ministerio de Minas y Energía efectuará la respectiva anotación en el Registro Minero Nacional en un término no mayor a los quince (15) días hábiles siguientes a la aprobación del contrato de formalización por parte de la autoridad minera.

La suscripción de un subcontrato de formalización minera no implicará la división o fraccionamiento del título minero en cuya área se otorga el derecho a realizar actividades de explotación minera; no obstante podrán adelantarse labores de auditoría o fiscalización diferencial e independiente y quienes sean beneficiarios de uno de estos subcontratos, tendrán bajo su responsabilidad el manejo técnico-minero, ambiental y de seguridad e higiene minera de la operación del área establecida, así como de las sanciones derivadas de incumplimiento normativo o legal.

El titular minero que celebre contratos de explotación minera deberá velar por el cumplimiento de las obligaciones del contrato suscrito y seguirá siendo responsable por las obligaciones de su título y contrato, con excepción de aquellas que se mencionan en el presente artículo. El Gobierno Nacional reglamentará las condiciones y requisitos para la celebración de estos contratos y en todo caso velará por la continuidad de la actividad productiva, en condiciones de formalidad y de acuerdo con las leyes y reglamentos, a esta población, en caso de no serle aplicable este instrumento;

b) **Devolución de Áreas para la Formalización Minera.** Entiéndase por devolución de áreas para formalización minera, la renuncia a la explotación o devolución que el beneficiario de un título minero hace por decisión directa de una parte del área que le fue otorgada, con el fin de contribuir a la formalización de los pequeños mineros que hayan llevado a cabo su actividad dentro del área que le fue otorgada. En ningún caso se podrá disponer del área devuelta, para ser destinada a beneficiarios diferentes a aquellos que se encontraban previamente efectuando actividades de minería dentro del área devuelta.

El Ministerio de Minas y Energía reglamentará el procedimiento, los requisitos para el acceso, evaluación, otorgamiento y administración de estas áreas y la definición de pequeño minero; a través de la Dirección de Formalización Minera o quien haga sus veces, administrará el registro de las áreas devueltas y la autoridad minera nacional lo operará;

c) **Beneficios para la Formalización.** Los titulares mineros de oro que cuya capacidad instalada les permita procesar hasta 20 toneladas de material mineralizado al día, barequeros o mineros que se encuentren en proceso de formalización, que estén inscritos en el registro de usuarios de mercurio señalado en el artículo 4° de la presente ley y que además presenten ante la Dirección de Formalización Minera del Ministerio de Minas y Energía un plan de trabajo de reducción paulatina del mercurio en su proceso de beneficio del oro, tendrán prioridad para acceder a la oferta institucional de dicho Ministerio establecidos en el programa de formalización minera.

Artículo 12. *Establecimiento del Sello Minero Ambiental Colombiano.* En un plazo no mayor a seis (6) meses, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá la reglamentación que establece y regula el “Sello Minero Ambiental Colombiano”, mediante el cual y de acuerdo con

los procedimientos que para efectos similares ha determinado, se podrá identificar el producto de las actividades mineras que no usen mercurio y emplean procedimientos amigables con el medio ambiente. Para el efecto el Ministerio de Minas y Energía promoverá el desarrollo de las normas técnicas necesarias para garantizar la aplicación del reglamento que aquí se establece.

En igual sentido el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo para el caso de los procesos industriales y sus productos, impulsará la solicitud y apoyará el desarrollo de los estudios de factibilidad que deban realizarse para la selección de las diferentes categorías de productos que permitan la aplicación del “Sello Ambiental Colombiano”, de acuerdo con lo dispuesto en la presente ley, en especial lo relacionado con Mercurio.

Artículo 13. *Decomiso.* El incumplimiento de los preceptos de que trata la presente ley, y las que establezcan los reglamentos, dará lugar al decomiso respectivo. El procedimiento de decomiso se efectuará de conformidad con las medidas previstas en los reglamentos, expedidos por el Ministerio de Minas y Energía, sin perjuicio de las demás sanciones que establezcan los reglamentos.

Artículo 14. *Sanciones.* Aquellos funcionarios que incumplan lo dispuesto en la presente ley y en los reglamentos, serán sancionados disciplinariamente y su conducta será entendida como grave al tenor de lo establecido en la Ley 734 de 2002.

Artículo 15. *Vigencia.* La presente ley entrará a regir a partir de su sanción, promulgación y publicación en el *Diario Oficial*.

En los anteriores términos fue aprobado en primer debate el Proyecto de ley número 168 de 2012 Senado, *por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país y se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.* En sesión del miércoles cinco (5) de junio de dos mil trece (2013).

Ponente,

Maritza Martínez Aristizábal,
Senadora de la República.

La Presidenta Comisión,

Nora María García Burgos.

La Secretaria General,

Delcy Hoyos Abad.



MINMINAS



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**

PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

PLAN ESTRATÉGICO SECTORIAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO

La ruta hacia un beneficio sostenible del oro

República de Colombia - derechos reservados
Bogotá D.C., junio de 2016

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

Germán Arce Zapata

Ministro de Minas y Energía

María Isabel Ulloa Cruz

Viceministra de Minas

Germán Eduardo Quintero Rojas

Secretario General

Mónica María Grand Marín

Directora de Formalización Minera

Pedro Enrique Perico Carvajal

Director de Minería Empresarial

AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA, ANM

Vicepresidencia de Seguimiento, Control y Seguridad

Vicepresidencia de Promoción y Fomento

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, UPME

Subdirección de Minería

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, SGC

Dirección de Recursos Minerales

Con la colaboración de:

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA

Secretaría de Minas

Diseño y diagramación

Claudia Noreña Botero

Bogotá D.C.

Junio de 2016

CONTENIDO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| | INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1. | DIAGNÓSTICO | 9 |
| 1.1. | MARCO LEGAL | 9 |
| 1.2. | SITUACIÓN ACTUAL | 11 |
| 1.3. | ACCIONES TEMPRANAS | 14 |
| 2. | EL PLAN | 21 |
| 2.1. | OBJETIVO GENERAL | 21 |
| 2.2. | EJES Y ACCIONES DEL PLAN | 21 |
| 2.2.1. | Eje 1: Fortalecimiento institucional | 21 |
| 2.2.2. | Eje 2: Gestión del conocimiento – Investigación aplicada | 23 |
| 2.2.3. | Eje 3: Gestión para el cambio | 23 |
| 2.2.4. | Eje 4: Educación y Comunicación | 24 |
| 3. | RECURSOS | 27 |
| 3.1. | Fortalecimiento interinstitucional: | 27 |
| 3.2. | Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada | 28 |
| 3.3. | Gestión para el Cambio | 28 |
| 3.4. | Educación y Comunicación: | 29 |
| 4. | IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN | 31 |
| 5. | ANEXOS | 33 |
| 5.1. | FICHAS TÉCNICAS | 33 |
| 6. | BIBLIOGRAFÍA | 48 |



INTRODUCCIÓN

El aumento en la cotización de los metales preciosos en los mercados internacionales ha producido en la última década un incremento de las actividades extractivas de oro; sin embargo, en muchos casos estas acciones no han cumplido con los estándares requeridos en la industria minera. Bajo este concepto irregular de crecimiento extractivo, han proliferado a su vez los procesos de beneficio de oro, en particular aquellos que utilizan mercurio. Dichos procesos también son ejecutados sin el debido cumplimiento de los requisitos y mandatos legales vigentes, lo cual ha generado una preocupación mundial por las consecuencias para la salud y el medioambiente que puede ocasionar la exposición a este elemento químico y su mala utilización.

En este contexto, el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en 2009 concluyó que las acciones voluntarias emprendidas por los diferentes países para reducir el uso del mercurio no habían generado un impacto importante en la problemática que genera su explotación y uso industrial; no obstante, ello permitió que se reformulara la estrategia para promover nuevas iniciativas que condujeran a reducir su uso en las actividades productivas en general, hasta llegar a eliminarlo.

Fue así como en octubre de 2013 se adoptó el nuevo tratado ambiental conocido como Convenio de Minamata sobre Mercurio, cuyo objetivo es proteger la salud humana y el medioambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio. De esta manera se creó un marco de acción para reducir la exposición humana y ambiental al mercurio, que reconoce que la oferta y la demanda de mercurio y de los productos que lo contienen deben ser controladas; para ello, entonces, creó las respectivas disposiciones que regulan el comercio de este elemento químico, esperando que progresivamente se llegue a su desaparición y a la de los procesos que lo utilizan.

El convenio contiene disposiciones especiales para restringir el uso de mercurio de la minería artesanal y de pequeña escala, pues el precio relativamente bajo y la fácil disponibilidad de este elemento han sido factores clave para su amplio uso. En el marco de este convenio, cada país debe conocer, primero, sus importaciones y exportaciones de mercurio; segundo, el destino del mercurio que entra en sus fronteras; y, tercero, su distribución y el consumidor final.

Paralelo a la firma del Convenio de Minamata, en Colombia se promulgó la Ley 1658 de 2013, cuya misión es proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, reglamentando en todo el territorio nacional el uso, la importación, la producción, la comercialización, el manejo, el transporte, el almacenamiento, la disposición final y la liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, sean cuales fueren.

Posteriormente, con el liderazgo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y por su carácter transversal, en diciembre de 2014 se lanzó el Plan Único Nacional de Mercurio, que busca eliminar gradual y definitivamente el uso de mercurio en el sector minero e industrial de Colombia. Dicho plan fue acordado entre ocho ministerios (Ambiente y Desarrollo Sostenible; Minas y Energía; Salud y Protección Social; Trabajo; Comercio, Industria y Turismo; Relaciones Exteriores; Agricultura y Desarrollo Rural; y Transporte) y dos instituciones mineras (Agencia Nacional de Minería y Unidad de Planeación Minero Energética).

En este orden de ideas, el presente Plan Estratégico Sectorial para la Eliminación del Uso del Mercurio desarrolla una serie de objetivos específicos que contribuirán al cumplimiento de las metas establecidas en los cuatro grandes programas del Plan Único Nacional de Mercurio: Fortalecimiento Institucional, Gestión Ambiental; de Salud

Pública, de Seguridad y Salud en el trabajo, Sectorial – Tecnológica y Social; Educación y Comunicación; y Gestión del Conocimiento – Investigación aplicada.

Con la puesta en marcha de este Plan Sectorial se busca que el sector minero elimine el uso del mercurio según los mandatos legales y constitucionales; esto generará las capacidades y herramientas apropiadas para la industria, en especial para la pequeña minería, para que implementen alternativas de beneficio sin el uso del mercurio. Igualmente, el plan pretende que el Estado apoye la generación de instancias que faciliten la transferencia de tecnologías blandas y duras, con resultados de investigación apropiados que busquen la mejor eficiencia y productividad para la recuperación del metal. Y, finalmente, que se creen las regulaciones necesarias para su control y seguimiento.

El presente documento consta de cinco secciones, además de esta introducción. La primera parte corresponde al diagnóstico de la situación del uso del mercurio nacionalmente e incluye los antecedentes de este plan. La segunda sección presenta el objetivo general del plan, junto con los ejes, las metas y las actividades definidas para su implementación. La tercera muestra los recursos previstos para la ejecución del plan. En la cuarta se exponen las debidas aclaraciones sobre la implementación de la estrategia; y última sección corresponde a los anexos.



1. DIAGNÓSTICO

1.1. MARCO LEGAL

Mediante un claro compromiso por la preservación de la salud humana y la mitigación de los impactos ambientales que genera el desarrollo de actividades mineras sin el cumplimiento de los estándares que rigen la industria, durante los últimos años el Gobierno colombiano ha venido adoptando un marco regulatorio cuyo propósito es cumplir con los mandatos internacionales para la reducción y eliminación del uso del mercurio de la actividad industrial minera.

El Convenio de Minamata, suscrito por Colombia en 2013 y en proceso de ratificación por el Congreso Colombiano, organiza en 35 artículos y 5 anexos el ciclo de vida del mercurio, desde su generación, la comercialización, los productos y procesos donde se utiliza, hasta su destino final como residuo. Por ejemplo, en el Artículo 7.º, el Convenio de Minamata establece una serie de acciones relacionadas con la reducción del mercurio, particularmente con incidencia directa para la industria minera:

“1. Las medidas que figuran en el presente artículo y en el anexo C se aplicarán a las actividades de extracción y tratamiento de oro artesanales y en pequeña escala en las que se utilice amalgama

de mercurio para extraer oro de la mina. 2. Cada parte en cuyo territorio se realicen actividades de extracción y tratamiento de oro artesanales y en pequeña escala sujetas al presente artículo adoptará medidas para reducir y, cuando sea viable, eliminar el uso de mercurio y de compuestos de mercurio de esas actividades y las emisiones y liberaciones de mercurio en el medio ambiente provenientes de ellas. 3. Cada parte notificará a la secretaría si en cualquier momento determina que las actividades de extracción y tratamiento de oro artesanales y en pequeña escala realizadas en su territorio son más que insignificantes. Si así lo determina, la parte a) elaborará y aplicará un plan de acción nacional de conformidad con el anexo C; b) presentará su plan de acción nacional a la secretaría a más tardar tres años después de la entrada en vigor del convenio para esa parte o tres años después de la notificación a la secretaría, si esa fecha fuese posterior; y c) en lo sucesivo, presentará un examen, cada tres años, de los progresos realizados en el cumplimiento de las obligaciones contraídas en virtud del presente artículo (...).”

En consecuencia, con el liderazgo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –y por su carácter transversal–, en diciembre de 2014 se lanzó el Plan Único Nacional de Mercurio, que busca eliminar gradual y definitivamente el uso de mercurio en el sector minero e industrial de Colombia. Dicho plan fue acordado entre ocho ministerios (Ambiente y Desarrollo Sostenible; Minas y Energía; Salud y Protec-

ción Social; Trabajo; Comercio, Industria y Turismo; Relaciones Exteriores; Agricultura y Desarrollo Rural; y Transporte) y dos instituciones mineras (Agencia Nacional Minera y la Unidad de Planeación Minero-Energética).

El Plan Único Nacional de Mercurio se convierte, por lo tanto, en la ruta que debe seguir el Gobierno Nacional para eliminar el uso del mercurio, con su respectiva inspección, control, vigilancia y gestión de información y conocimiento, en procesos mineros e industriales en todo el territorio nacional. Se trata de un esfuerzo conjunto entre los distintos niveles del Gobierno, como el sector minero, industrial, comercial, ambiental, el sector salud, trabajo y la sociedad civil en general, para cumplir con los compromisos nacionales e internacionales del país. Una vez formulado el Plan Único Nacional de Mercurio, el Ministerio de Minas y Energía y las entidades adscritas se han propuesto trabajar de manera coordinada en el diseño y la concertación del Plan Estratégico para el Sector Minas.

Por otro lado, en la Ley 685 de 2001, Código de Minas, establece en su Artículo 93 la integración del beneficio de minerales¹ al título minero:

“Plantas de transformación. Si fuere indispensable para efectuar los trabajos de explotación integrar al complejo industrial de extracción y beneficio, plantas de procesamiento, estas se deberán incluir en el montaje a petición del interesado... Se entiende por transformación la modificación mecánica o química del mineral extraído y beneficiado, a través de un proceso industrial del cual resulte un producto diferente no identificable con el mineral en su estado natural”.

Mediante la Ley 1450 de 2011, por la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014, se propuso en su sexto lineamiento expedir la regulación correspondiente e implementar medidas de control, monitoreo y promoción para la reconversión tecnoló-

¹ El beneficio de minerales, según lo menciona el Glosario Técnico-Minero, es el conjunto de operaciones empleadas para el tratamiento de menas y minerales por medios físicos y mecánicos con el fin de separar los componentes valiosos de los constituyentes no deseados con el uso de las diferencias en sus propiedades.

gica, con el propósito de reducir progresivamente el uso de mercurio en procesos mineros.

Así pues, la Ley 1658 de julio de 2013 reglamenta el uso, la importación, la producción, la comercialización, el manejo, el transporte, el almacenamiento, la disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, sea cuales fueren. En su Artículo 3, Reducción y eliminación del uso de mercurio, “los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Minas y Energía, Salud y Protección Social y Trabajo, establecerán las medidas regulatorias necesarias que permitan reducir y eliminar de manera segura y sostenible, el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país”. Además ordena que se erradique “el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a diez (10) años y para la minería en un plazo máximo de cinco (5) años”.

Adicional a esto, el actual Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, expedido mediante la Ley 1735 de 2015, en su artículo 11 define lo siguiente:

“En los casos de proyectos de investigación y desarrollo de ciencia, tecnología e innovación y de tecnologías de la información y las comunicaciones, adelantados con recursos públicos, el Estado podrá ceder a título gratuito, salvo por motivos de seguridad y defensa nacional, los derechos de propiedad intelectual que le correspondan, y autorizará su transferencia, comercialización y explotación a quien adelante y ejecute el proyecto, sin que ello constituya daño patrimonial al Estado. Las condiciones de esta cesión serán fijadas en el respectivo contrato y en todo caso el Estado se reserva el derecho de obtener una licencia no exclusiva y gratuita de éstos derechos de propiedad intelectual por motivos de interés nacional”.

Por su parte, el Gobierno Nacional se encuentra ya en la etapa de proceso de adhesión a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y está generando instrumentos legales en aspectos ambientales, como la gestión de sustancias químicas. Parte de este cometido son las recomendaciones relacionadas con la eliminación del uso de mercurio en la actividad minera aurífera artesanal.

Se busca que la actividad genere un valor agregado al desarrollo de las regiones a través de instrumentos de buenas prácticas, para incrementar su competitividad

Finalmente, uno de los pilares de la Política Minera de Colombia son las condiciones competitivas: se busca que la actividad le genere un valor agregado al desarrollo de las regiones a través de los instrumentos de buenas prácticas, lo que incrementaría la competitividad de la industria minera colombiana en los mercados nacionales e internacionales y lograría hacer más atractivo el sector minero.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL

Según información reportada por la Agencia Nacional de Minería (Catastro Minero Colombiano), la producción de oro en Colombia se concentra en 296 municipios en 19 departamentos. Estos municipios cuentan con 445 títulos mineros de oro y con 3.532 solicitudes de legalización minera de este mineral (entre archivadas y activas). Los departamentos con mayor producción de oro en el país son, en su orden, Antioquia, Chocó, Cauca, Caldas, Nariño y Tolima.

TABLA 1. TÍTULOS Y SOLICITUDES DE EXPLOTACIÓN DE ORO POR DEPARTAMENTOS

| LÍNEA BASE INICIAL | | | |
|----------------------------|--------------------------|---------|-------------|
| Departamento (productores) | Municipios (productores) | Títulos | Solicitudes |
| Antioquia | 94 | 149 | 1122 |
| Bolívar | 17 | 50 | 375 |
| Boyacá | 2 | 1 | 7 |
| Caldas | 20 | 120 | 469 |
| Cauca | 25 | 20 | 249 |
| Cesar | 7 | 2 | 16 |
| Chocó | 22 | 8 | 515 |
| Córdoba | 6 | 0 | 81 |
| Guainía | 1 | 2 | 27 |
| Guajira | 1 | 1 | 5 |
| Huila | 13 | 9 | 81 |
| Nariño | 25 | 19 | 0 |
| Norte de Santander | 3 | 2 | 4 |
| Putumayo | 6 | 0 | 147 |
| Quindío | 1 | 1 | 2 |
| Risaralda | 3 | 3 | 61 |
| Santander | 7 | 40 | 143 |
| Tolima | 27 | 17 | 152 |
| Valle del Cauca | 16 | 1 | 76 |

Fuente: ANM

Como ya es conocido, el mercurio es utilizado por la población minera esencialmente en los procesos de beneficio para la recuperación de oro. Los montajes que utilizan este elemento químico corresponden a

plantas de beneficio, entables (entendidos como procesos de beneficio fragmentado), dragas, barequeros, chatarreros y compra-ventas.

Con base en el levantamiento de la línea base desarrollado por el Ministerio de Minas y Energía a través del proyecto de inversión "Capacitación Teórico-Práctica para la Reducción y/o Eliminación del Uso del Mercurio en el Territorio Nacional", durante 2011 a 2015, en 25 municipios de los 296 se identificaron 543 unidades básicas de beneficio (UBB), de las cuales 78 son plantas de beneficio; 395, entables mineros; y 70 corresponden a retroexcavadoras. De estas unidades básicas mineras, el 70 % hasta la fecha no cuentan con permisos legales.

De acuerdo con el estudio La cadena del mercurio con énfasis en la actividad minera aurífera Colombiana, elaborada por la Universidad de Córdoba y financiada por el Ministerio de Minas y Energía y la Unidad de Planeación Minero-Energética, en el último decenio estos han sido los principales proveedores de mercurio a Colombia:

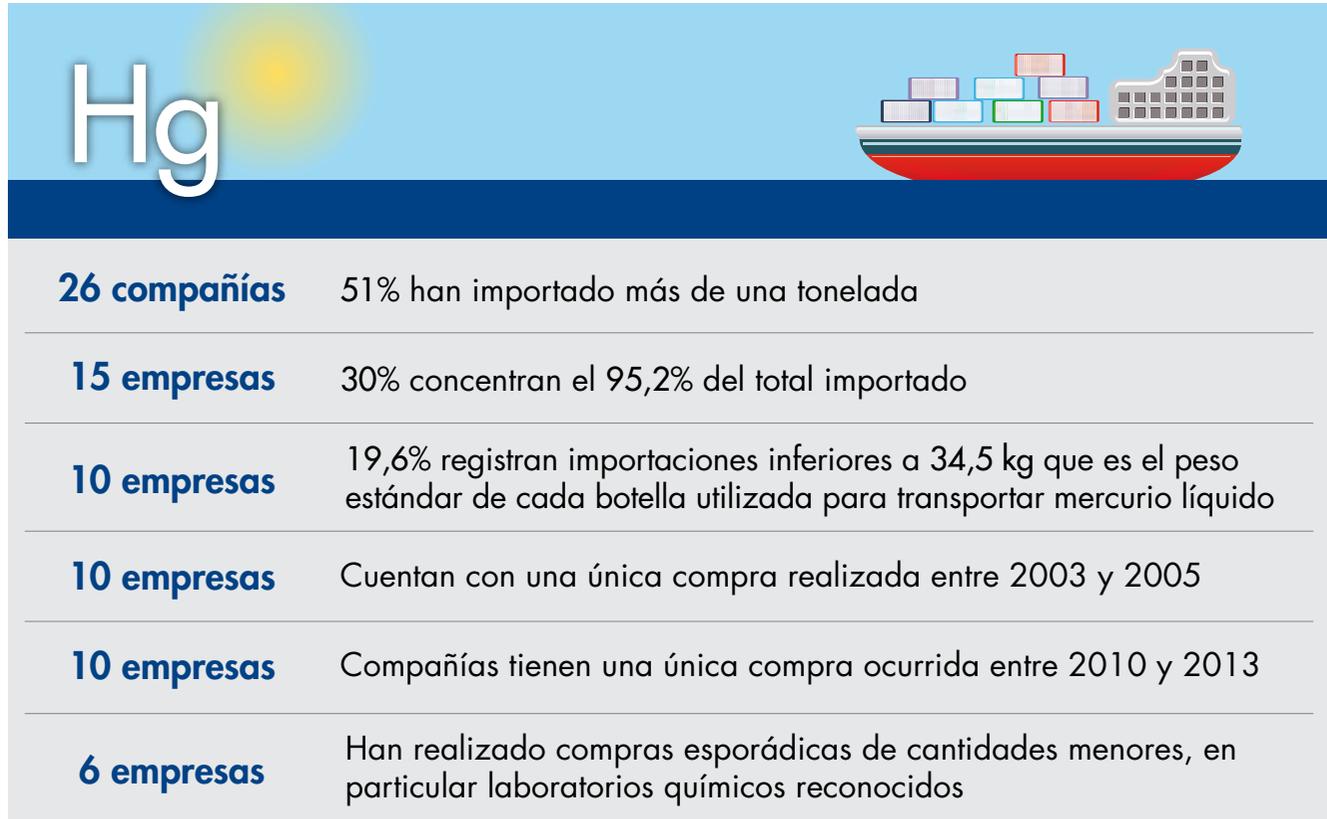
FIGURA 1. PRINCIPALES PROVEEDORES DE MERCURIO A COLOMBIA

| | | |
|---|-------------------|---------|
|  | México | 233,8 t |
|  | España | 184,6 t |
|  | Países Bajos | 180,3 t |
|  | Estados Unidos | 152,1 t |
|  | Alemania | 82,1 t |
|  | Perú | 21,7 t |
|  | Kirguistán | 16,9 t |
|  | Japón | 13,2 t |
|  | Rusia | 11,9 t |
|  | China - Hong Kong | 9,8 t |
|  | Reino Unido | 2,3 t |
|  | Francia | 0,4 t |
|  | Italia | 0,01 t |

Fuente: Base de datos Legiscomex

Las importaciones de mercurio entre 2003 y 2013 dieron un total de 1.020 ton; la mayor cantidad correspondió a 2009, con 150.4 ton (14.7 %), y la menor a 2004, con 23.2 ton (2.3 %). Estas importaciones fueron realizadas por 51 empresas con las siguientes características:

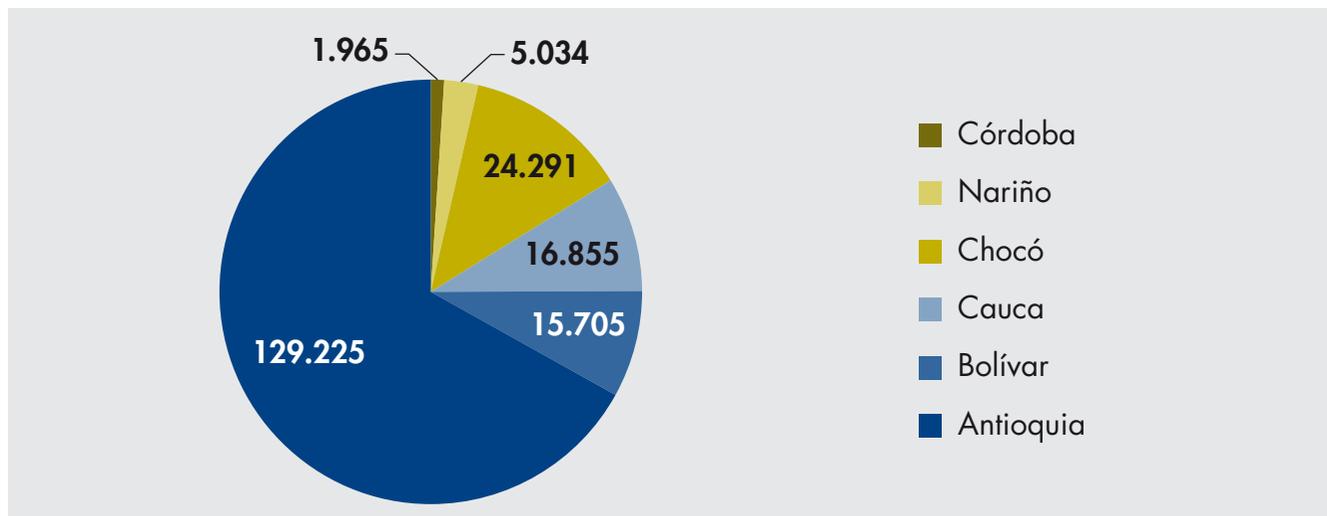
FIGURA 2. EL MERCADO DEL MERCURIO EN EL PAÍS



Fuente: Estudio de la Cadena del Mercurio, U. de Córdoba, 2014

Los principales departamentos demandantes de mercurio se pueden apreciar a continuación:

FIGURA 3. MERCURIO CONSUMIDO (PROMEDIO KILOGRAMOS ANUALES)



Fuente: Estudio de la Cadena del Mercurio, U. de Córdoba, 2014

En dicho estudio se hizo un balance másico que arrojó un consumo de mercurio de 193 toneladas/año para la minería, de las cuales 105 toneladas son usadas en la actividad minera legal y 88 en la ilegal.

TABLA 2. ZONAS CON MAYOR CONTAMINACIÓN POR MERCURIO

| Departamento | Municipios afectados |
|--------------|---|
| Antioquia | Frontino (dos puntos calientes), Buriticá (un punto caliente), Segovia (ocho puntos calientes), Zaragoza (seis puntos calientes), El Bagre (cinco puntos calientes), Remedios (tres puntos calientes), Cáceres (un punto caliente) Total: 28 |
| Chocó | Lloró (cinco puntos calientes), Tadó (tres puntos calientes), Unión Panamericana (nueve puntos calientes), Condoto (un punto caliente) Total: 18 |
| Bolívar | Arenal (seis puntos calientes), Morales (dos puntos calientes), Barranco de Loba (dos puntos calientes), San Martín de Loba (doce puntos calientes) Total: 22 |
| Córdoba | Puerto Libertador (tres puntos calientes) Total: 3 |
| Caldas | Marmato (cuatro puntos calientes), Manizales (dos puntos calientes) Total: 6 |
| Cauca | Suárez (cinco puntos calientes), Buenos Aires (dos puntos calientes) Total: 7 |
| Nariño | Los Andes (cinco puntos calientes), Colón Génova (tres puntos calientes), Mallana (tres puntos calientes) Total: 11 |
| Tolima | Ataco (un punto caliente), Chaparral (un punto caliente) Total: 2 |
| Risaralda | Quinchía (cinco puntos calientes) Total: 5 |

Fuente: Estudio de la Cadena del Mercurio, Universidad de Córdoba, 2014

Este mismo estudio establece, a partir de los datos recolectados en campo, que un barequero usa aproximadamente 7 gramos de mercurio por cada gramo de oro recuperado, lo que corresponde a 1.7 kilos de mercurio/año.

Por otro lado, el Censo Minero departamental generado entre 2010 y 2011 por el Ministerio de Minas y Energía indica que el 63% de las actividades mineras del país trabajan sin el cumplimiento de los requisitos legales; esto quiere decir, sin título minero o bajo su amparo y sin instrumento ambiental aprobado.

Particularmente, el censo indica que de 4.133 unidades de producción minera de oro, el 86.7% (3.584 UPM) labora sin el correspondiente título minero y tan solo el 13.3% (549 UPM) lo hace de manera legal. Asimismo, muestra que en cada uno de los departamentos productores este rango varía hasta alcanzar un 83 % de actividades sin el cumplimiento de los requisitos legales.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), por su parte, ha identificado que la minería de oro artesanal y de pequeña escala es la mayor fuente de emisiones de mercurio al aire; además de que es más grave la situación si se considera que el mercurio liberado y emitido en las distintas matrices ambientales (agua, aire y suelo) es capaz de permanecer en ellas por varios siglos, lo cual hace que nunca sea posible reducir sus niveles de afectación. A propósito, se resalta que el módulo de inscripción de barequeros del Sistema Integral de Gestión Minera Si.Minero reportó, a 2015, 103.969 barequeros identificados en 140 municipios de los 296 que producen oro.

TABLA 3. BAREQUEROS INSCRITOS POR DEPARTAMENTO 2011 A 2015

| Departamento (Productores) | Inscritos en SIMINERO |
|----------------------------|-----------------------|
| Antioquia | 28.359 |
| Bolívar | 6.879 |
| Boyacá | 18 |
| Caldas | 1.105 |
| Cauca | 9.978 |
| Cesar | 0 |
| Chocó | 38.318 |
| Córdoba | 455 |
| Guainía | 0 |
| Guajira | 0 |
| Huila | 478 |
| Nariño | 17.081 |
| Norte de Santander | 0 |
| Putumayo | 216 |
| Quindío | 0 |
| Risaralda | 556 |
| Santander | 198 |
| Tolima | 300 |
| Valle del Cauca | 28 |
| Totales | 103.969 |

Fuente: Minminas

En conclusión, y como se puede evidenciar, la información base relacionada con el uso de este elemento en la actividad minera colombiana es muy general y parcializada: se basa, principalmente, en muestreos de campo y recopilación de otras fuentes documentales; por lo cual, se hace necesario construir una línea base de información que nos permita identificar la cantidad de unidades básicas de beneficio (UBB) que usan mercurio, el consumo total de mercurio por UBB, la clasificación de las UBB (plantas, entables, retroexcavadoras, barequeros, compra-ventas), el número de UBB por municipio y departamento productor, etc.



1.3. ACCIONES TEMPRANAS

El Gobierno Colombiano a través del Ministerio de Minas y Energía y sus entidades adscritas y delegadas han venido desarrollando las siguientes acciones administrativas y operativas de intervención:

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

FORMULACIÓN DE LA POLÍTICA MINERA

- Mediante Resolución 40391 del 20 de abril de 2016, se expidió la política minera nacional que dentro de sus pilares consagra la atención a la pequeña minería y minería de subsistencia, a través del Programa de Formalización Minera bajo los siguientes parámetros:
- Acompañamiento integral.
- Formación para el trabajo y asistencia en habilidades administrativas.
- Fortalecimiento empresarial.
- Bancarización y acceso al crédito.
- Regulaciones diferenciadas.
- Trazabilidad en la cadena.
- Alianza con el sector privado.

APOYO A LA FORMULACIÓN DE REGULACIONES

- Con Mincomercio se apoyó la construcción del Decreto 2261 de 2012, que establece medidas para controlar entre otras, insumos químicos que puedan ser utilizados en actividades mineras sin las autorizaciones y exigencias previstas en la Ley (entre ellos el mercurio).
- Apoyo a la expedición de la Ley 1658 de 2013.
- Con Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se contribuyó en la promulgación de la Resolución 1258 de 2015 que contiene las Guías ambientales para la formalización de las actividades de minería tradicional.
- Se colaboró con Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la construcción del proyecto de Resolución del Registro de Usuarios de Mercurio según mandato indicado en el artículo 4 de la Ley 1658 del 2013.
- Se está trabajando de manera articulada con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en la elaboración de una regulación que permita la reducción paulatina de la importación de mercurio a través del control de los cupos arancelarios.

| | |
|--|---|
| <p>ACCESO A BANCARIZACIÓN Y CREDITOS</p> | <ul style="list-style-type: none"> • El Ministerio de Minas y Energía en convenio con el Banco Agrario de Colombia vienen adelantando desde el año pasado un programa de Bancarización y Crédito enfocado a establecer programas de apoyo económico al minero informal de pequeña y mediana escala y facilitar su acceso al crédito, mediante la asignación de recursos financieros, que permitan realizar proyectos productivos mineros, con período de gracia, tasas, con el propósito de lograr mayores niveles de tecnificación y mejores procesos productivos, lo que se traduce en mejoras en la competitividad del sector. |
| <p>EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DE MERCURIO (2011-2015)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Desde el año 2011 el Ministerio de Minas y Energía viene ejecutando el proyecto de inversión denominado "Capacitación teórico práctica para la reducción o eliminación del uso de mercurio en el proceso de beneficio de oro en el territorio nacional" que básicamente consiste en el acompañamiento e intervención teórico práctica a plantas de beneficio y apoyo a la construcción de línea base de información. • Los resultados han sido: Se identificaron y encuestaron 541 Unidades de beneficio de oro en 25 municipios de los departamentos de Antioquia, Nariño, Cauca, Santander, Bolívar, Risaralda y Caldas, Se realizó acompañamiento integral mediante talleres teóricos y prácticas a 24251 mineros en aspectos técnicos, económicos, ambientales, sociales y legales, en los departamentos de Antioquia, Nariño, Cauca, Santander, Huila, Bolívar, Risaralda, Choco, Caldas. Se intervinieron 32 plantas de beneficio amparadas por título minero e instrumento ambiental aprobado o en trámite, ubicadas en los departamentos de Nariño, Cauca, Santander, Bolívar, Risaralda, Antioquia y Caldas. • La intervención tiene el propósito fundamental de concientizar a la comunidad minera sobre problemática ambiental y de salud que genera el uso del mercurio en el proceso de beneficio del oro y brindar asistencia técnica y capacitación en la implementación de tecnologías limpias, logrando eliminar en un 100% del uso de mercurio en cada una de las unidades productivas intervenidas, incrementando su producción de un 75-90% de recuperación de oro sin utilizar mercurio. |
| <p>APOYO A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Tal como se mencionó anteriormente, con recursos del proyecto de inversión, vigencia 2014 y como complemento a las anteriores actividades, se apoyó la elaboración de un documento que se suscribió con la UPME y la Universidad de Córdoba, denominado "Estudio de la Cadena del Mercurio con énfasis en la actividad minera aurífera Colombiana", cuyo fin era conocer y analizar los aspectos relevantes de la cadena de mercurio en el país para la toma de decisiones gubernamentales enfocados a la eliminación del mercurio en procesos mineros dentro del tiempo establecido por la Ley colombiana. |

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO-ENERGÉTICA (UPME)

La UPME ha llevado a cabo varios trabajos investigativos sobre la problemática ambiental y de salud pública relacionadas con el mercurio

TRABAJOS
INVESTIGATIVOS

- Año 2005, desarrolló un trabajo de investigación denominado "Alteraciones neuro-comportamentales en personas expuestas a mercurio en la actividad minera del oro en el municipio de Segovia (Antioquia)". Además, realizó el trabajo llamado "Producción más limpia en la minería del oro en Colombia", el cual consistió en adaptar sistemas de trabajo con tecnologías limpias para la minería artesanal.
- Otro estudio corresponde al "Fortalecimiento y puesta en marcha de los centros de desarrollo tecnológico de San Martín de Loba y de Santa Rosa del Sur"; cuyo propósito era implantar tecnologías limpias para la recuperación de metales preciosos en el Sur de Bolívar
- Durante los últimos años, la UPME ha trabajado de manera conjunta con el MME en los siguientes proyectos: "La cadena del mercurio con énfasis en la minería aurífera (2014)" e "incidencia real de la minería de oro y carbón sobre el recurso hídrico (2015)".

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC)

Igualmente, el Servicio Geológico Colombiano ha generado información geológica, metalúrgica y ambiental de aplicación directa con el propósito de contribuir a la transformación tecnológica en zonas mineras auríferas en Colombia:

1994-2003

- Caracterización mineralógica de la zona minera de la Llanada-Nariño. Año 1994.
- Caracterización Mineralógica en Zonas Mineras de San Martín de Loba-Bolívar. Año 1996.
- Evaluación metalúrgica del Distrito minero de Buenos Aires (Cauca). Año 1998.
- Caracterización mineralúrgica del distrito aurífero de Ginebra. Agosto de 2000.
- Metodología para el procesamiento de un agregado mineral de la mina el Diamante-departamento de Nariño. Año 2002.
- Catálogo de las propiedades mineralógicas, físicas y químicas de los yacimientos auríferos primarios de los Departamentos de Cauca, Nariño y Valle del Cauca. Año 2003.

| | |
|------------------|--|
| <p>2004-2008</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Caracterización química, mineralógica y metalúrgica de la zona aurífera de Fondas (Cauca). Año 2004. • Cursos de mineralogía, química y metalurgia para procesamiento de minerales auríferos. 4 cursos de 120 horas organizados con la colaboración de la Agencia de cooperación del Japón JICA, recibidos por un total de 100 personas vinculadas a la producción y seguimiento de la minería del oro, entre mineros, profesionales y técnicos gubernamentales. 2005 a 2008. • Caracterización metalúrgica de las plantas de beneficio de las minas de El Retiro y Cueva Loca, Ginebra y Buga, Valle del Cauca. Año 2006. • Estudios Mineralógicos y Metalúrgicos en la Zona Minera de Quinchia-Risaralda. Año 2007. • Caracterización química, mineralógica y metalúrgica de la zona aurífera de Amalfi (Antioquia). Año 2008. |
| <p>2009-2015</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Caracterización química, mineralógica y metalúrgica de la zona aurífera de Suárez (Cauca). Zonas Tamboral, Gelima y Pailas-Buenos Aires. Año 2009. • Evaluación de una planta de amalgamación de oro y propuesta de un método alternativo para su sustitución. Caso de Suárez-Cauca. Año 2013. • Tratamiento de aguas de lavado a nivel de planta piloto, de arenas residuales procedente de una planta de amalgamación en el municipio de Suárez-Cauca, para la recuperación por cianuración del oro remanente. Año 2015. • Taller práctico de cianuración y tratamientos ambientales en planta piloto, dirigido a la comunidad minera de Suárez y Buenos Aires. Año 2015. |

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA

Por su parte, la Gobernación de Antioquia ha venido liderando acciones y proyectos orientados hacia la eliminación o reducción del uso de mercurio en la actividad minera y de su contaminación, dada la importancia del sector en su territorio (1.424 títulos mineros vigentes), y específicamente el de la minería aurífera (817 títulos otorgados para oro y/o metales preciosos, de los cuales 120 se encuentran en explotación al 15 de noviembre de 2015). Entre las actividades y proyectos están los siguientes:

| | |
|-----------------|--|
| <p>ACCIONES</p> | <ul style="list-style-type: none"> • En el año 2008, se emprenden acciones integradas y en diversos ámbitos (formalización minera, capacitación, sensibilización, asesorías, asistencia técnica, investigación e implementación de tecnologías limpias) que han buscado alcanzar el reto de eliminar el uso del mercurio en el beneficio del oro. |
|-----------------|--|

ACCIONES

- “Campaña para reducir la contaminación por mercurio en el sector minero departamento de Antioquia.” Minería Sin Mercurio, Pinta Bien.
- “Tecnologías limpias y acciones de prevención desde las fuentes de emisión para reducir el impacto ambiental con mercurio en los municipios de Segovia y el bagre”. Proyecto ejecutado en convenio con la Universidad de Antioquia con el cual se logró la caracterización de las principales fuentes de emisión que favorecen la contaminación por mercurio.
- Aporte en 3 proyectos en tecnologías limpias en el beneficio de minerales—Convocatoria de ciencia y Tecnología, SENA, IDEA y Gobernación de Antioquia. Los tres proyectos ejecutados con aliados de Centros de Investigación y del sector privado fueron: Electro lixiviación de mercurio; Flotación flash de oro grueso para sustituir mercurio y Aprovechamiento de arenas negras.
- “Fortalecimiento asociativo, técnico y empresarial de unidades mineras en Antioquia”. Convenio realizado con ACOPI en 137 Unidades de producción Minera ubicadas en 32 municipios de Antioquia con asistencia técnica.
- Estudios previos y de diseño para la construcción del Centro de Formación Minero Ambiental (municipio de El Bagre). A la fecha este Centro de Formación se encuentra construido.



2. EL PLAN

2.1. OBJETIVO GENERAL

Fijar las acciones del sector minero para eliminar efectivamente el uso del mercurio de las actividades de beneficio y/o recuperación de oro, lo que prevendrá los riesgos asociados a la salud humana y al medioambiente en el territorio nacional.

Con la implementación de esta guía se busca llegar, de manera ordenada, al cumplimiento de las metas del Plan Único Nacional para la eliminación del uso del mercurio de la actividad minera a mayo de 2018.

2.2. EJES Y ACCIONES DEL PLAN

El presente plan propone establecer cuatro ejes temáticos con acciones interinstitucionales, que permitan desarrollar de manera independiente pero organizada una efectiva gestión para la eliminación del uso del mercurio de los procesos de beneficio de oro en el territorio nacional.

Estos ejes están orientados hacia el mejoramiento de los lazos de coordinación y fortalecimiento interinstitucional; hacia la educación preventiva y tecnológica con asistencia técnica continua para toda la población involucrada; hacia una comunicación eficaz, efi-

ciente y efectiva; y hacia la generación de proyectos de investigación que faciliten integralmente el control y monitoreo permanentes, a partir de una comunicación constante que permita reportar cada uno de los avances, logros y resultados obtenidos.

Con el fin de agrupar estos componentes, el plan se alinea con el Plan Único Nacional para la Eliminación del Mercurio y propone acoger, en cuatro ejes temáticos, los programas allí definidos:

1. Fortalecimiento Institucional
2. Gestión del Conocimiento – Investigación aplicada
3. Gestión para el Cambio
4. Educación y Comunicación

2.2.1. Eje 1: Fortalecimiento institucional

El fortalecimiento institucional consiste en propiciar mecanismos que permitan mejorar las condiciones, capacidades y actuaciones de las entidades con el fin de ampliar su gestión administrativa, para que incida positivamente en el cumplimiento de las metas, de manera oportuna, eficiente, eficaz y efectiva. Para dicho fortalecimiento, el Ministerio de Minas y Energía y sus entidades adscritas deben optimizar su capacidad de gestión en tres aspectos fundamenta-

les: en el reconocimiento de información base, en la articulación interinstitucional y en la generación de procesos regulatorios.

Cabe resaltar que actualmente no se cuenta con una información que le permita al sector determinar con certeza la dimensión de la problemática a nivel regional y local sobre el uso del mercurio en la actividad minera. Entonces, una de las acciones iniciales es aumentar la capacidad técnica y de información para obtener respuestas que conduzcan a soluciones acertadas sobre la eliminación del uso del mercurio.

La recopilación y consolidación de información de fuentes institucionales, relacionadas con la identificación de las Unidades Básicas de Beneficio (UBB), será la primera acción que se ejecutará. Ello nos permitirá posteriormente priorizar zonas para estructurar un levantamiento y hacer una recopilación de datos más específicos en los municipios y departamentos productores de oro.

Igualmente, la autoridad minera deberá adelantar un proceso de depuración de la información institucional para determinar cuál es la dimensión de la problemática relacionada con las UBB asociadas a títulos mineros; para ello, se harán visitas de seguimiento y control a títulos mineros de oro en etapa de explotación con el fin de verificar los aspectos relacionados con los procesos de beneficio asociados a títulos mi-

neros y así determinar posibles acciones de cumplimiento frente al uso del mercurio.

Otro aspecto importante en el fortalecimiento institucional es la articulación entre la Nación y los entes territoriales para generar espacios de diálogo y concertación con las comunidades; de esta manera se puede optimizar el entendimiento de la problemática y ofrecer información sobre las soluciones propuestas. Asimismo, el fortalecimiento de las instituciones tiene que estar acompañado de regulaciones que fortalezcan el actuar de las autoridades de control y que permitan armonizar la eliminación progresiva del uso del mercurio en la industria minera de aquí a 2018.

En ese sentido, contar con una base de datos completa y depurada de personas que ejercen la minería de barequeo de oro nos permitirá reconocer la verdadera extensión de la problemática en las zonas rurales, así como cuáles podrían ser las acciones específicas para emprender en la eliminación del uso del mercurio de estas actividades de subsistencia.

A continuación se presentan los objetivos específicos que se deberán desarrollar como parte esencial de trabajo para este eje:

- Consolidar información de fuentes institucionales
- Continuar con el levantamiento de línea base sobre actividades de beneficio de oro que utilizan



mercurio en los departamentos priorizados para tal fin (plantas, entables, barequeros, etc.)

- Identificar uso de mercurio en plantas de beneficio asociadas a títulos mineros
- Gestionar acercamientos con las autoridades locales para tomar acciones respecto de los resultados de la línea base de entables o plantas de beneficio encontradas en cada municipio
- Acompañar a las autoridades locales para la implementación del Si.Minero como herramienta de apoyo en la inscripción de barequeros
- Apoyar medidas que promuevan el control y la eliminación del uso del mercurio en la industria minera
- Identificar necesidades presupuestales y solicitar la apropiación de recursos para la implementación de acciones del plan estratégico sectorial minero

2.2.2. Eje 2: Gestión del conocimiento – Investigación aplicada

En este eje, el proceso de investigación parte de la necesidad de confrontar la teoría con las condiciones específicas del objeto abordado (el uso de mercurio en el beneficio del oro), a través de la puesta en marcha de diferentes técnicas de investigación (observación sobre el terreno, aplicación de encuestas y análisis documental).

El mercurio en Colombia es un tema de investigación cuyas fuentes aún no se conocen en profundidad, tampoco sus impactos ni las posibles mitigaciones y, mucho menos, los caminos de innovación tecnológica que puedan contribuir a la generación de herramientas de sustitución de mercurio en los procesos productivos de oro. Por lo tanto, dichos caminos serán abordados a través de los siguientes objetivos específicos:

- Ampliar, masificar y promover el uso de tecnologías limpias para la pequeña minería y minería de subsistencia

- Generar técnicas que contribuyan a la sustitución del mercurio en la minería de subsistencia (barequeros y/o chatarreros)
- Apoyar proyectos de investigación que generen nuevas técnicas para la recuperación de oro sin uso de mercurio
- Apoyar proyectos de investigación que contribuyan a la sustitución del uso del mercurio de la actividad minera
- Documentar experiencias exitosas en transferencia de tecnología que permitan la eliminación del uso del mercurio de los procesos de beneficio de oro
- Proyectar cartográficamente posibles áreas con yacimientos y liberaciones naturales de mercurio
- Caracterizar áreas geológicas potencialmente ricas en mercurio
- Apoyar en la determinación de alternativas de disposición final del mercurio

2.2.3. Eje 3: Gestión para el cambio

Una vez reconocidas las dimensiones de la problemática, se deben afianzar los procesos de gestión y apalancamiento de acciones para producir el cambio. Este tercer eje busca la efectividad en el desarrollo del plan desde el punto de vista técnico; de igual manera, plantea la importancia de alinear aspectos ambientales, de seguridad y salud, sociales y económicos para lograr el entendimiento y la articulación de la gestión interinstitucional.

Los cambios en los procesos productivos deben apoyarse en la comprensión de otros hábitos y costumbres de la sociedad minera, relacionados con la forma de recuperar el mineral de oro. Alternativas diferentes que garanticen la producción limpia deberán ser socializadas y apoyadas por las

instituciones del Estado para favorecer procesos sostenibles y con condiciones laborales que minimicen los riesgos para la salud.

En este eje se desarrollarán, a su vez, acciones rela-

Los cambios en los procesos productivos deben apoyarse en la comprensión de otros hábitos y costumbres de la sociedad minera, relacionados con la forma de recuperar el mineral de oro

cionadas con el seguimiento y control a los titulares mineros explotadores del mineral de oro, que deberá adelantar la autoridad minera para verificar el cumplimiento de los preceptos normativos sobre la eliminación del uso del mercurio en el beneficio de oro. En tal sentido, se intensificarán los procesos de inspección, vigilancia, fiscalización, seguimiento o control en materia de minería, con especial énfasis en las actividades de pequeña minería.

La generación de proyectos piloto permitirá desarrollar otras formas eficientes para la recuperación de oro y promoverá una consciencia entre la comunidad minera sobre la práctica y el reconocimiento visual de otras técnicas de recuperación sin tener que usar mercurio.

Impulsar la innovación y transferir nuevas tecnologías para generar capacidades que aseguren mejores niveles de eficiencia económica y competitividad será una herramienta incuestionable para que el plan logre su propósito fundamental. Estas acciones deberán contar con un trabajo inicial de formación para que oriente a la comunidad en identificación, adquisición, asimilación, difusión y reproducción de la nueva tecnología, y deberá contar con el acompañamiento permanente del Estado hasta que se logre el cambio propuesto.

El Gobierno Nacional, a través de sus entidades, tendrá que facilitar que las comunidades mineras que benefician oro puedan acceder a créditos bancarios, para así apalancar el proceso de cambio hacia las nuevas tecnologías.

A continuación se describen los objetivos específicos para ejecutar en este eje:

- Brindar acompañamiento integral a plantas de beneficio mediante la realización de talleres teórico-prácticos dirigidos a las comunidades mineras que trabajan, bajo el amparo de un título, en el uso de tecnologías limpias para beneficio de oro en el territorio nacional
- Acompañar procesos de beneficio de oro que se desarrollen como plantas piloto exitosas

para las comunidades vecinas

- Verificar los avances de las plantas de beneficio intervenidas en años anteriores
- Acompañar procesos de beneficio de oro industriales que beneficien a comunidades vecinas
- Apoyar la minería de subsistencia (barequeros y/o chatarreros) para que implementen alternativas para beneficio de oro sin la utilización de mercurio
- Continuar con la transferencia tecnológica al sector minero en la caracterización y el procesamiento de minerales auríferos
- Emitir conceptos técnicos al Banco Agrario sobre solicitudes de crédito para la actividad minera de oro

2.2.4. Eje 4: Educación y Comunicación

La concertación con las comunidades para producir el cambio tiene que partir de procesos de comprensión profunda relacionados con las temáticas ingenieriles, de salud, económicas, etc. Para ello, la educación y la comunicación tendrán un énfasis preventivo –como condición especial–, para proteger tanto a los empresarios mineros e industriales, como a los consumidores o los usuarios de mercurio y a las autoridades locales y comunidades afectadas.

Avanzar en los objetivos específicos de este eje permitirá aproximarse a cada uno de los actores de la cadena de consumo y gestión del mercurio, para brindarle una retroalimentación teórico-práctica sobre los aportes y avances del sector productivo minero. Dicha retroalimentación deberá expresarse en un lenguaje comprensible para así

asegurar que el conocimiento llegue al público objetivo de manera cómoda, pues en su mayoría se trata de poblaciones con niveles bajos de educación formal. La transmisión de información relacionada con las afectaciones en la salud de la población objeti-

Impulsar la innovación y transferir nuevas tecnologías para generar capacidades que aseguren mejores niveles de eficiencia económica y competitividad será una herramienta incuestionable para que el plan logre su propósito fundamental

vo debe ser un elemento jalonador y motivador del cambio; esta temática debe ser promulgada desde la educación formal hasta la informal y debe profundizar en los riesgos asociados, en su prevención, en el manejo, etc.

Otro aspecto importante para el progreso de este eje corresponde al intercambio de experiencias. El objetivo es lograr la reducción y progresiva eliminación del mercurio en zonas prioritarias, mediante un constante y eficaz entendimiento entre los órganos del Estado y la sociedad civil, tanto a nivel nacional, como regional y local. Los talleres con los actores involucrados en el proceso permitirán que las personas manifiesten sus preocupaciones y formulen sus planteamientos, buscando siempre contextualizar el cambio y por qué este es necesario. Así que para comprender la problemática y sus alternativas se utilizarán textos, guías didácticas, herramientas tecnológicas y técnicas para que los actores involucrados (industria, minería, servicios, público en general) se aproximen a la temática del mercurio de forma clara. Por ejemplo, un contenido relevante corresponde al acceso tecnológico, que ha evolucionado muy rápidamente en beneficio de las comunidades; por ende, se debe posibilitar que los diferentes actores accedan masivamente a la información y lo hagan en diferentes niveles de profundidad.

Los siguientes son los objetivos específicos para cumplir en este eje:

- Capacitar, asistir y socializar en temas minero-ambientales, sociales, empresariales y normativos –relacionados con la problemática del uso del mercurio– a mineros y autoridades locales, así como en el manejo de tecnologías limpias libres de mercurio o de transición para no usar mercurio
- Generar guías técnicas para la comunidad minera de cada región, con el fin de implementar el uso de tecnologías eficientes en el proceso de beneficio de oro sin utilizar mercurio
- Dar a conocer los proyectos ejecutados con éxito para la eliminación del uso del mercurio
- Crear un espacio web donde se pueda consultar la información relacionada con las actividades ejecutadas para la eliminación del mercurio de la actividad minera, para ello formular un plan de medios que permita realizar una comunicación masiva de acciones realizadas en el tema
- Ejecutar acciones para la implementación de la estrategia de comunicaciones
- Diseñar mecanismos de divulgación que permitan promover el Registro de Usuarios de Mercurio en el sector minero
- Generar eventos para socializar proyectos de investigación relacionados con la problemática del uso del mercurio en la actividad minera



3. RECURSOS

Para atender las actividades del Plan, se ha previsto buscar como posibles fuentes de suministro para su financiamiento, el Presupuesto General de la Nación y los recursos provenientes de cooperación internacional (PNUMA, ONUDI, GEF, etc.)

En el costo total proyectado del Plan asciende a la

suma de ochenta y tres mil seiscientos treinta y nueve mil millones doscientos dos mil ochocientos pesos (\$83.639.202.800), discriminados de la siguiente manera:

3.1. Fortalecimiento interinstitucional:

Para el cumplimiento de las metas establecidas en este eje de trabajo requiere la suma aproximada de siete mil trescientos ocho millones de pesos.

TABLA 4. COSTOS ESTIMADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL EJE DE FORTALECIMIENTO INTERINSTITUCIONAL

| Meta de proceso | Recursos (\$) |
|---|---------------|
| Formulación de un (1) Plan Estratégico del sector minero para la eliminación del uso del mercurio. | 100.000.000 |
| Recopilación de información básica inicial a 261 municipios de 19 departamentos productores de oro. | 2.600.000.000 |
| Levantamiento de línea base a 261 municipios de 19 departamentos productores de oro. | |
| Elaboración de 1 informe que contenga la recopilación y consolidación de información de fuentes institucionales, relacionadas con la identificación de UBB. | |
| Realización de cuatrocientos veinte (445) visitas de seguimiento y control a títulos mineros de oro en etapa de explotación con el fin de verificar cuales cuentan con planta de beneficio. | 1.335.000.000 |
| Acompañamiento a 296 municipios para la toma de acciones que conlleven a la reubicación de plantas o entables localizados en áreas urbanas. | 1.524.400.000 |
| Acompañamiento a 242 municipios en el tema de inscripción de barequeros. | 1.548.600.000 |
| Participación en 5 procesos de regulación que permitan el control y eliminación del uso del mercurio en la industria minera. | 100.000.000 |

| | |
|---|----------------------|
| Formulación, actualización o ajustes a Cinco (5) proyectos de inversión orientados al cumplimiento de la normatividad sobre Reducción y Eliminación del Uso del Mercurio en el proceso de beneficio de oro en el Territorio Nacional. | 100.000.000 |
| Subtotal | 7.308.000.000 |

Fuente: Ministerio de Minas y Energía

3.2. Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada

El cumplimiento de las metas establecidas en este eje de trabajo requiere la suma de tres mil quinientos millones de pesos.

TABLA 5. COSTOS ESTIMADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL EJE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO - INVESTIGACIÓN APLICADA

| Meta de proceso | Recursos (\$) |
|--|----------------------|
| Formulación de dos (2) alternativas para beneficio de oro sin la utilización de mercurio que generen igual o mayor recuperación. | 1.000.000.000 |
| Elaboración de Un (1) estudio en técnicas que contribuyan a la sustitución del uso del mercurio como elemento para beneficio de oro en la minería de subsistencia. | 700.000.000 |
| Viabilización de 2 proyectos de investigación que proponga la academia y que busquen ser cofinanciados con recursos de COLCIENCIAS o el SGR. | 100.000.000 |
| Actualización de Un (1) proyecto de investigación “Tecnologías limpias para la minería aurífera”, elaborado por la UPME en el año 2007. | 400.000.000 |
| Elaboración de Un (1) estudio que permita Identificar y caracterizar las mejores experiencias en transferencia tecnológica para la eliminación de mercurio a nivel nacional. | 300.000.000 |
| Elaboración de Un (1) mapa sobre el contenido de mercurio de origen geológico en cuencas carboníferas del País. | 400.000.000 |
| Elaboración de un (1) informe sobre la movilidad del mercurio en sedimentos en una zona con mercurio de origen geológico. | 600.000.000 |
| Subtotal | 3.500.000.000 |

Fuente: Ministerio de Minas y Energía



3.3. Gestión para el Cambio

Para su desarrollo se plantea obtener la suma de veinticinco mil cincuenta y tres millones cuatrocientos cincuenta pesos aproximadamente.

TABLA 6. COSTOS ESTIMADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL EJE GESTIÓN PARA EL CAMBIO

| Meta de proceso | Recursos (\$) |
|--|-----------------------|
| Intervención de 124 Plantas de beneficio a 2018 asociadas a títulos mineros para la eliminación del uso del mercurio. (14 en el año 2016, 55 en el año 2017 y 55 en el año 2018) | 17.074.800.000 |
| Seguimiento y control a 101 plantas de beneficio intervenidas en los años anteriores (46 (2011-2016) y 55 de (2017)). | 1.515.000.000 |
| Intervención al 50 % de Plantas de beneficio industriales legales a 2018, identificadas en línea base (sólo con instrumento ambiental) ¹ | 4.406.400.000 |
| Apoyo a 50.000 barequeros y/o chatarreros para la sustitución de mercurio a 2018. | 1.547.250.000 |
| Asistencia técnica a 446 títulos mineros de oro, especialmente aquellos que cuenten con planta de beneficio asociada al título, según competencia. | 2.230.000.000 |
| Formulación de cincuenta (50) conceptos emitidos al Banco Agrario sobre solicitudes de crédito a las actividades mineras de oro. | 207.800.000 |
| Subtotal | 26.981.250.000 |

Fuente: Ministerio de Minas y Energía

3.4. Educación y Comunicación:

El cumplimiento de las metas establecidas en este eje de trabajo requiere la suma de dieciséis mil seiscientos millones de pesos.

TABLA 7. COSTOS ESTIMADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL EJE EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN

| Meta de proceso | Recursos (\$) |
|---|----------------|
| Desarrollo de 5990 talleres de formación en temas técnicos, ambientales o de seguridad orientados al uso de tecnologías limpias para beneficio de oro a mineros que laboran en plantas de beneficio amparadas bajo título minero y con instrumento ambiental. | 39.534.000.000 |
| Formación como mínimo a trece mil (13.000) personas a 2018 en el uso de tecnologías limpias libres de mercurio y obligaciones frente a la normatividad vigente. | |
| Elaboración de Diez (10) guías, una por cada departamento priorizado: Antioquia, Nariño, Cauca, Santander, Chocó, Tolima, Caldas, Valle Del Cauca, Bolívar y Huila. | 4.363.000.000 |
| Participación en 20 eventos internacionales, nacionales para la divulgación de los proyectos ejecutados y exitosos a la comunidad nacional e internacional. | 124.700.000 |
| Creación de Un (1) espacio WEB para la consolidación de información desarrollada por las entidades adscritas y MME, integrando los resultados exitosos de reducción y eliminación de mercurio. (SIMCO). | 300.000.000 |
| Elaboración de Una (1) estrategia de comunicaciones masiva para informar a la comunidad en general sobre acciones desarrolladas, casos exitosos, cumplimiento de normatividad y resultados de la ejecución del plan. | 328.252.800 |

PLAN ESTRATÉGICO SECTORIAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO

| | |
|---|-----------------------|
| Ejecución de Cinco (5) acciones de divulgación de información (entrevistas, videos, foros, guías, entre otros). | 500.000.000 |
| Elaboración de Una (1) estrategia para promover el registro de usuarios de mercurio al interior del sector minero. | 200.000.000 |
| 5 eventos de socialización de los Dos (2) proyectos de investigación "Cadena del mercurio e incidencia real de la minería sobre el recurso hídrico", con guías generadas. | 500.000.000 |
| Subtotal | 45.849.952.800 |

Fuente: Ministerio de Minas y Energía



4. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

La implementación del Plan Estratégico estará liderada por el Ministerio de Minas y Energía como cabeza del sector. Contará con mesa interinstitucional conformada por representantes del Ministerio y de cada una de las entidades adscritas y/o delegadas que tengan injerencia en las actividades del Plan, y se reunirá periódicamente para coordinar y hacer seguimiento a la ejecución de las actividades programadas.

Para una correcta evaluación de la ejecución del Plan Sectorial, el Ministerio de Minas y Energía considerará la pertinencia de disponer de una metodología de seguimiento y control que permita obtener información fiable del estado de avance y que facilite el control y la readaptación del plan sectorial ante nuevos escenarios.



5. ANEXOS

5.1. FICHAS TÉCNICAS

A continuación se presentan las fichas técnicas que contienen cada una de las actividades a desarrollar dentro de los respectivos ejes temáticos. Éstas se componen de una información relevante para la orientación y desarrollo organizado de cada una de las instituciones a cargo; así mismo, involucra indicadores de producto y algunos de resultado que permitirán medir la efectividad de las acciones y del Plan en su integralidad.

EJE 1 - FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

| Ficha N. 1 | | EJE 1 - Fortalecimiento Institucional | |
|--------------|--|---|----------------|
| Objetivo: | Consolidar información de fuentes institucionales. | | |
| Meta: | Elaboración de 1 informe que contenga la recopilación y consolidación de información de fuentes institucionales, relacionadas con la identificación de UBB. | | |
| Indicador: | Producto | Número de informes de consolidación de información de fuentes institucionales. | |
| | Resultado | Número de unidades básicas de beneficio identificadas en la consolidación de fuentes institucionales. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía, con el apoyo de la Agencia Nacional de Minería ANM, Servicio Geológico Colombiano, Unidad de Planeación Minero Energética UPME y Gobernación de Antioquia. Apoyo; Autoridades Ambientales | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de proceso contractual. 2. Identificación de fuentes de información relacionada con plantas de beneficio de oro. 3. Recopilación de información de fuentes institucionales. 4. Análisis de información de fuentes institucionales. 5. Consolidación de información de fuentes institucionales. | | |
| Plazo: | 2016 | Recursos: | \$ 200.000.000 |

| Ficha N. 2 | | EJE 1 - Fortalecimiento Institucional | |
|--------------|---|--|------------------|
| Objetivo: | Continuar con el levantamiento de línea base sobre unidades de beneficio de oro que utilizan de mercurio en los departamentos priorizados para tal fin. (Plantas, entables, barequeros, etc.) | | |
| Meta: | Levantamiento de línea base a 261 municipios de 19 departamentos productores de oro. | | |
| Indicador: | Producto | Número de municipios con levantamiento de línea base | |
| | Resultado | Unidades básicas de beneficio identificadas con consumos de mercurio | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía y UPME. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de proceso contractual. 2. Identificación y diagnóstico de plantas de beneficio de oro aluvial y/o de veta ubicadas en los municipios priorizados, así como la utilización actual de mercurio y/o cianuro en cada región, teniendo en cuenta: Cuantificación de Unidades básicas de beneficio (plantas, entables, molinos, dragas, barequeros, chatarreros, compra ventas) existentes, ubicación geográfica y situación legal, Información de los procesos de beneficio utilizado y cuantificación de material beneficiado en cada planta; Realizar un inventario de equipos e infraestructura e insumos; Identificación de tratamiento y manejo de estériles y lodos de cianuración; Cuantificación de mano de obra empleada; Diagnóstico en los aspectos de seguridad industrial y salud ocupacional. 3. Elaboración de informe. 4. Presentación de información. | | |
| Plazo: | 2016 | Recursos: | \$ 2.400.000.000 |

| Ficha N. 3 | | EJE 1 - Fortalecimiento Institucional | |
|--------------|---|---|---------------|
| Objetivo: | Identificar uso de mercurio en plantas de beneficio asociadas a títulos mineros. | | |
| Meta: | Realización de cuatrocientas veinte (445) visitas de seguimiento y control a títulos mineros de oro en etapa de explotación con el fin de verificar cuales cuentan con planta de beneficio. | | |
| Indicador: | Producto | Número de visitas de seguimiento y control a titulares mineros de oro que cuenten con planta de beneficio de oro. | |
| | Resultado | Número de unidades básicas de beneficio asociadas a títulos mineros. | |
| Responsable: | Agencia Nacional de Minería, ANM. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Visita a 446 títulos mineros de oro. 2. Priorizar títulos mineros de oro con planta de beneficio aprobada en PTO/PTI que utilicen mercurio. 3. Emitir informes de fiscalización y actos administrativos acogiendo dichos informes y efectuando los requerimientos y aprobaciones a que haya lugar. | | |
| Plazo: | 2016 - 2017 -2018 | Recursos: | 1.335.000.000 |

| Ficha N. 4 | | EJE 1 - Fortalecimiento Institucional | |
|--------------|---|--|------------------|
| Objetivo: | Gestionar acercamientos con las autoridades locales y departamentales para tomar acciones respecto a los resultados de la línea base de entables o plantas de beneficio encontradas en cada municipio. | | |
| Meta: | Acompañamiento a 296 municipios para la toma de acciones que conlleven a la reubicación de plantas o entables localizados en áreas urbanas. | | |
| Indicador: | Producto | Servicios de coordinación con autoridades locales y departamentales. | |
| | Resultado | Programar y coordinar el plan de acción con autoridades locales y departamentales y realizar seguimiento a los compromisos de las mesas de coordinación. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Minería ANM y Gobernación de Antioquia. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Estado legal de los entables o plantas de beneficio. 2. Inscripción de las plantas de beneficio existentes en los instrumentos reglamentados para tal fin. 3. Proyectos de reubicación de plantas de beneficio localizadas en zonas no permitidas, de acuerdo al POT | | |
| Plazo: | 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 1.524.400.000 |

PLAN ESTRATÉGICO SECTORIAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO

| Ficha N. 5 | | EJE 1 - Fortalecimiento Institucional | |
|--------------|---|--|------------------|
| Objetivo: | Acompañar a las autoridades locales para la implementación del SIMINERO como herramienta de apoyo en la inscripción de barequeros. | | |
| Meta: | Acompañamiento a 242 municipios en el tema de inscripción de barequeros. | | |
| Indicador: | Producto | Número de autoridades locales acompañadas en la implementación del SI.MINERO. | |
| | Resultado | Número de barequeros inscritos como barequeros con la utilización de la herramienta del SI.MINERO. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía y Gobernación de Antioquia. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación de la herramienta tecnológica a alcaldes. 2. Apoyar el proceso de inscripción de barequeros ante el Si.Minero. 3. Generación base de datos de barequeros por municipio apoyado. | | |
| Plazo: | 2016, 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 1.548.600.000 |

| Ficha N. 6 | | EJE 1 - Fortalecimiento Institucional | |
|--------------|--|--|-----------------|
| Objetivo: | Apoyar medidas que promuevan el control y la eliminación del uso del mercurio en la industria minera. | | |
| Meta: | Participación en 5 procesos de regulación que permitan el control y eliminación del uso del mercurio en la industria minera. | | |
| Indicador: | Producto | Número de medidas regulatorias apoyadas para el control y/o eliminación del uso del mercurio. | |
| | Resultado | Número de Proyectos de regulación adoptados para el control y eliminación del uso del mercurio en la industria minera. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía con el apoyo de la Agencia Nacional de Minería ANM, Servicio Geológico Colombiano, Unidad de Planeación Minero Energética UPME y Gobernación de Antioquia, en las medidas regulatorias que sean de competencia del sector minero Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible o Ministerio de Comercio, Industria y Turismo o Ministerio de Transporte, Ministerio de Defensa, Ministerio de Salud o demás entidades con el apoyo del Ministerio de Minas y Energía y sus entidades adscritas. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Participación en reuniones de trabajo. 2. Generación de propuestas que conlleven a la construcción de regulaciones para el control y eliminación del mercurio en la industria minera. 3. Apoyo a la promulgación de medidas para el control y eliminación del mercurio. | | |
| Plazo: | 2016, 2017, 2018 | Recursos: | \$ 100.000.000 |
| | | Fuente: | Funcionamiento. |

| Ficha N. 7 | | EJE 1 - Fortalecimiento Institucional | |
|--------------|--|--|----------------|
| Objetivo: | Identificar necesidades presupuestales y solicitar apropiación de recursos para la implementación de acciones del plan estratégico sectorial minero. | | |
| Meta: | Formulación, actualización o ajustes a Cinco (5) proyectos de inversión orientados al cumplimiento de la normatividad sobre Reducción y Eliminación del Uso del Mercurio en el proceso de beneficio de oro en el Territorio Nacional. | | |
| Indicador: | Producto | Número de proyectos formulados, actualizados o ajustados para la eliminación del uso del mercurio. | |
| | Resultado | Cantidad de recursos asignados para la ejecución del plan estratégico. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Minería ANM, Servicio Geológico Colombiano, Unidad de Planeación Minero Energética UPME y Gobernación de Antioquia. | | |
| Actividades: | 1. Presentar por cada una de las entidades, las formulaciones, actualizaciones o ajustes necesarios a los proyectos de inversión cuyo objetivo sea la implementación de acciones dirigidas al cumplimiento de las acciones del plan estratégico sectorial de mercurio, por el Sistema unificado de inversión y finanzas públicas, SUIFP. | | |
| Plazo: | 2016, 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 100.000.000 |

EJE 2 - GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO – INVESTIGACIÓN APLICADA

| Ficha N. 8 | | EJE 2 - Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada | |
|--------------|---|---|------------------|
| Objetivo: | Ampliar, masificar y promover el uso de tecnologías limpias para la pequeña minería y minería de subsistencia. | | |
| Meta: | Formulación de dos (2) alternativas para beneficio de oro sin la utilización de mercurio que generen igual o mayor recuperación. | | |
| Indicador: | Número de alternativas propuestas para beneficio de oro sin la utilización de mercurio que generen igual o mayor recuperación, con sus impactos ambientales y el estudio económico costo-beneficio de la implementación de dichas tecnologías. | | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Recopilación de información de las diferentes alternativas para beneficio de oro sin la utilización de mercurio que generen igual o mayor recuperación. 2. Selección de las 2 alternativas limpias para recuperación de oro que generen igual o mayor recuperación. 3. divulgación de las alternativas a la comunidad minera que realizan el beneficio de oro. | | |
| Plazo: | 2016 y 2017 | Recursos: | \$ 1.000.000.000 |

PLAN ESTRATÉGICO SECTORIAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO

| Ficha N. 9 | | EJE 2 - Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada | |
|--------------|---|---|----------------|
| Objetivo: | Generar técnicas que contribuyan a la sustitución del mercurio en la minería de subsistencia. | | |
| Meta: | Elaboración de Un (1) estudio en técnicas que contribuyan a la sustitución del uso del mercurio como elemento para beneficio de oro en la minería de subsistencia. | | |
| Indicador: | Número de estudios elaborados en técnicas que contribuyan a la sustitución del mercurio. | | |
| Responsable: | Servicio Geológico Colombiano con el apoyo del Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Minería ANM y la Unidad de Planeación Minero Energético UPME | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de zonas de estudio. 2. Muestreo. Caracterización de los depósitos aluviales priorizados 3. Pruebas de laboratorio y análisis químicos. 4. Selección de mejores técnicas y elaboración de estudio. 5. Elaboración de documento. 6. Presentación y divulgación de resultados a instituciones y comunidad de interés. | | |
| Plazo: | 2017 | Recursos: | \$ 700.000.000 |

| Ficha N. 10 | | EJE 2 - Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada | |
|--------------|--|---|----------------|
| Objetivo: | Apoyar proyectos de investigación que generen nuevas técnicas para la recuperación de oro sin uso de mercurio. | | |
| Meta: | Viabilización de 2 proyectos de investigación que proponga la academia y que busquen ser cofinanciados con recursos de COLCIENCIAS o el SGR. | | |
| Indicador: | Número de proyectos de investigación apoyados para la cofinanciación de Colciencias o el Sistema General de Regalías. | | |
| Responsable: | UPME y G. de Antioquia. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitud a universidades para la formulación de proyectos de investigación relacionados con la materia. 2. Selección de estudios de investigación para ser cofinanciados por Colciencias o el SGR. 3. Apoyo de las entidades en la presentación de los proyectos a Colciencias o el SGR. | | |
| Plazo: | 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 100.000.000 |

| Ficha N. 11 | | EJE 2 - Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada | |
|--------------|---|---|--|
| Objetivo: | Apoyar proyectos de investigación que contribuyan a la sustitución del uso del mercurio de la actividad minera. | | |
| Meta: | Actualización de Un (1) proyecto de investigación "TECNOLOGIAS LIMPIAS PARA LA MINERIA AURIFERA", elaborado por la UPME en el año 2007. | | |
| Indicador: | Número de proyectos de investigación en "TECNOLOGIAS LIMPIAS PARA LA MINERIA AURIFERA", actualizado, socializado y publicado. | | |
| Responsable: | UPME. | | |

| | | | |
|--------------|--|-----------|----------------|
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar la viabilidad de actualización del estudio tecnologías limpias. 2. Creación de estudios previos con ministerio y adscritas. 3. firma de contrato para la ejecución del proyecto. 4. seguimiento al proyecto. 5. presentación de resultados. 6. Socialización y publicación del estudio. | | |
| Plazo: | 2017 | Recursos: | \$ 400.000.000 |

| Ficha N. 12 | | EJE 2 - Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada | |
|--------------|---|---|----------------|
| Objetivo: | Documentar experiencias exitosas en transferencia de tecnología que permitan la eliminación del uso del mercurio de los procesos de beneficio de oro. | | |
| Meta: | Elaboración de Un (1) estudio que permita Identificar y caracterizar las mejores experiencias en transferencia tecnológica para la eliminación de mercurio a nivel nacional. | | |
| Indicador: | Número de estudios de investigación para la identificación y caracterización de transferencias tecnológicas a nivel nacional. | | |
| Responsable: | UPME | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proponer anteproyecto de investigación para la elaboración de este objetivo. 2. Presentar ante entidades adscritas y el Ministerio de Minas y Energía. 3. Proponer una inversión conjunta entre entidades. | | |
| Plazo: | 2018 | Recursos: | \$ 300.000.000 |

| Ficha N. 13 | | EJE 2 - Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada | |
|--------------|---|---|----------------|
| Objetivo: | Proyectar cartográficamente posibles áreas con yacimientos y liberaciones naturales de mercurio. | | |
| Meta: | Elaboración de Un (1) mapa sobre el contenido de mercurio de origen geológico en cuencas carboníferas del País. | | |
| Indicador: | Número de mapas georreferenciando áreas contaminadas con mercurio. | | |
| Responsable: | Servicio Geológico Colombiano. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterización del mercurio de origen geológico en zonas carboníferas del País. 2. Generación del mapa de contenido de mercurio de origen geológico en zonas carboníferas en Colombia. | | |
| Plazo: | 2017 | Recursos: | \$ 400.000.000 |

PLAN ESTRATÉGICO SECTORIAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO

| Ficha N. 14 | | EJE 2 - Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada | |
|--------------|--|---|----------------|
| Objetivo: | Caracterizar áreas geológicas potencialmente ricas en mercurio. | | |
| Meta: | Elaboración de un (1) informe sobre la movilidad del mercurio en sedimentos en una zona con mercurio de origen geológico. | | |
| Indicador: | Número de informes generados sobre la movilidad del mercurio en zonas con mercurio. | | |
| Responsable: | Servicio Geológico Colombiano. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Muestreo geoquímico en la zona. 2. Análisis de laboratorio. 3. Modelo de movilidad del mercurio en la zona. | | |
| Plazo: | 2016, 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 600.000.000 |

| Ficha N. 15 | | EJE 2 - Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada | |
|--------------|---|---|--|
| Objetivo: | Determinar alternativas de disposición final del mercurio. | | |
| Meta: | Elaboración de un (1) informe sobre alternativas de disposición final de mercurio. | | |
| Indicador: | Número de informes generados sobre alternativas de disposición final de mercurio | | |
| Responsable: | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el apoyo del Servicio Geológico Colombiano, de acuerdo a las competencias de cada entidad | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar posibles fuentes de recepción de mercurio. 2. Análisis alternativas de disposición final. 3. Establecer mecanismos y procedimientos de disposición final de mercurio. | | |
| Plazo: | 2017 - 2018 | Recursos: | |

EJE 3 - GESTIÓN PARA EL CAMBIO.

| Ficha N. 16 | | EJE 3 - Gestión para el cambio. | |
|--------------|--|--|--|
| Objetivo: | Brindar acompañamiento integral a plantas de beneficio mediante la realización de talleres teórico prácticos dirigido a las comunidades mineras que trabajan bajo el amparo de un título en el uso de tecnologías limpias para beneficio de oro en el territorio nacional. | | |
| Meta: | Desarrollo de 5990 talleres de formación en temas técnicos, ambientales o de seguridad orientados al uso de tecnologías limpias para beneficio de oro a mineros que laboran en plantas de beneficio amparadas bajo título minero y con instrumento ambiental. | | |
| Indicador: | Producto | Servicios de formación en mejores prácticas de beneficio sin uso de mercurio en cada uno de los municipios intervenidos y priorizados | |
| | Resultado | Informe de talleres realizados en uso de tecnologías limpias para beneficio de oro, que incluye registro fotográfico, registro de asistencia y ficha técnica de cada taller. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Minería ANM y Gobernación de Antioquia. | | |

| | | | |
|--------------|---|-----------|------------------|
| Actividades: | Realizar talleres de sensibilización y transferencia tecnológica según necesidades regionales en temas tales como: riesgos asociados al uso del mercurio, problemática ambiental causada por la minería no responsable, alternativas limpias para recuperar oro aluvial, salud ocupacional y seguridad industrial, Normatividad ambiental y minera, manejo integral de residuos sólidos, sistemas de ahorro y uso eficiente del agua, aplicación de variables óptimas de cianuración, lavado de arenas y neutralización de efluentes de cianuro, trituración, molienda y concentración de minerales, aplicación de tecnologías limpias para el beneficio de oro, manejo y recuperación de suelos y ecosistemas degradados por minería, entre otros. | | |
| Plazo: | 2016, 2017 - 2018 | Recursos: | \$39.534.000.000 |

| Ficha N. 17 | | EJE 3 - Gestión para el cambio. | |
|--------------|--|--|------------------|
| Objetivo: | Acompañar procesos de beneficio de oro, que se desarrollen como plantas piloto exitosas para las comunidades vecinas. | | |
| Meta: | Intervención a 124 Plantas de beneficio a 2018 asociadas a títulos mineros para la eliminación del uso del mercurio. | | |
| Indicador: | Producto | Servicios de acompañamiento a nuevas Unidades de Beneficio asociadas a títulos mineros intervenidas a 2018 para la eliminación del uso del mercurio. | |
| | Resultado | Cantidad de mercurio eliminado producto de la intervención a plantas asociadas a títulos mineros. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía y Gobernación de Antioquia, con el apoyo de la Agencia Nacional de Minería ANM. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> Intervención de 14 plantas de beneficio en condición legal para el año 2016. Intervención de 55 plantas de beneficio en condición legal para el año 2017. Intervención de 55 plantas de beneficio en condición legal para el año 2018. | | |
| Plazo: | 2016, 2017 - 2018 | Recursos: | \$17.074.800.000 |

| Ficha N. 18 | | EJE 3 - Gestión para el cambio. | |
|--------------|---|--|--|
| Objetivo: | Verificar los avances de las plantas de beneficio intervenidas en años anteriores. | | |
| Meta: | Seguimiento y control a 101 plantas de beneficio intervenidas en los años anteriores (46 (2011-2016) y 55 de (2017)). | | |
| Indicador: | Producto | Servicios de seguimiento a Unidades de Beneficio intervenidas en años anteriores. | |
| | Resultado | Porcentaje de recuperación de oro con uso de mercurio y sin uso de mercurio en cada una de las plantas intervenidas. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía y Gobernación de Antioquia, con el apoyo de la Agencia Nacional de Minería ANM. | | |

PLAN ESTRATÉGICO SECTORIAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO

| | | | |
|--------------|---|-----------|------------------|
| Actividades: | 1. Seguimiento para el año 2017 a 32 plantas de beneficio legales intervenidas en los años 2011-2014. 2. Seguimiento para el año 2016 a 14 plantas de beneficio legales intervenidas en el año 2015. 3. Seguimiento para el año 2018 a 55 plantas de beneficio legales intervenidas en el año 2017. | | |
| Plazo: | 2016, 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 1.515.000.000 |

| Ficha N. 19 | | EJE 3 - Gestión para el cambio. | |
|--------------|--|--|-----------------|
| Objetivo: | Acompañar procesos de beneficio de oro industriales que beneficien a comunidades vecinas. | | |
| Meta: | Intervención al 50 % de Plantas de beneficio industriales legales a 2018, identificadas en línea base (sólo con instrumento ambiental) | | |
| Indicador: | Producto | Servicios de acompañamiento a Unidades de Beneficio industriales a 2018 para la eliminación del uso del mercurio | |
| | Resultado | Cantidad de mercurio eliminado producto del acompañamiento a plantas industriales. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía y Gobernación de Antioquia, con el apoyo de la Agencia Nacional de Minería ANM. | | |
| Actividades: | 1. Intervención del 50 % de plantas de beneficio industriales legales a 2018. | | |
| Plazo: | 2017 - 2018 | Recursos: | \$4.406.400.000 |

| Ficha N. 20 | | EJE 3 - Gestión para el cambio. | |
|--------------|--|--|-----------------|
| Objetivo: | Apoyar la minería de subsistencia (barequeros y/o chatarreros) para que implementen alternativas para beneficio de oro sin la utilización de mercurio. | | |
| Meta: | Apoyo a 50.000 barequeros y/o chatarreros para la sustitución de mercurio a 2018. | | |
| Indicador: | Producto | Servicios de acompañamiento a Barequeros y/o Chatarreros | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía, con el apoyo de la Gobernación de Antioquia y la Agencia Nacional de Minería ANM. | | |
| Actividades: | 1. Apoyo a 25.000 actividades de subsistencia para el año 2017. 2. Apoyo a 25.000 actividades de subsistencia para el año 2018. | | |
| Plazo: | 2017 - 2018 | Recursos: | \$1.547.250.000 |

| Ficha N. 21 | | EJE 3 - Gestión para el cambio. | |
|-------------|--|---------------------------------|--|
| Objetivo: | Continuar con la transferencia tecnológica al sector minero en la caracterización y procesamiento de minerales auríferos. | | |
| Meta: | Asistencia técnica a 446 títulos mineros de oro, especialmente aquellos que cuenten con planta de beneficio asociada al título, según competencia. | | |

| | | | |
|--------------|---|---|------------------|
| Indicador: | Producto | Número de proyectos mineros intervenidos con acompañamiento integral. | |
| | Resultado | Número de proyectos mineros acompañados que no usan mercurio. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía, la Gobernación de Antioquia y la Agencia Nacional de Minería ANM. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterización de condiciones iniciales del proyecto a intervenir. 2. Implementación del plan de asistencia técnica diseñado para el proyecto. 3. Análisis de resultados finales de la intervención y asistencia técnica. | | |
| Plazo: | 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 2.230.000.000 |

| Ficha N. 22 | | EJE 3 - Gestión para el cambio. | |
|--------------|---|--|----------------|
| Objetivo: | Emitir conceptos técnicos al Banco Agrario sobre solicitudes de crédito a actividad minera de oro. | | |
| Meta: | Formulación de cincuenta (50) conceptos emitidos al Banco Agrario sobre solicitudes de crédito a las actividades mineras de oro. | | |
| Indicador: | Producto | Número de solicitudes de crédito con concepto técnico emitido para la actividad minera de oro. | |
| | Resultado | Número de créditos con concepto técnico aprobados por el Banco Agrario. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía con el apoyo de la Gobernación de Antioquia y la Agencia Nacional de Minería ANM. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitud de concepto por parte del Banco Agrario. 2. Verificación de información por parte de la Dirección de Formalización Minera con el apoyo de la ANM. 3. Emisión de concepto técnico de la actividad minera en referencia y remisión al Banco Agrario. | | |
| Plazo: | 2016, 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 100.000.000 |

EJE 4 - EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN

| Ficha N. 23 | | EJE 4 - Educación y Comunicación. | |
|-------------|--|---|--|
| Objetivo: | Capacitar, asistir y socializar en temas minero ambientales, sociales, empresariales y normativo relacionado con la problemática del uso del mercurio a mineros y autoridades locales y en el manejo de tecnologías limpias libres de mercurio o de transición a no uso de mercurio. | | |
| Meta: | Formación de trece mil (13000) personas a 2018 en el uso de tecnologías limpias libres de mercurio y obligaciones frente a la normatividad vigente. | | |
| Indicador: | Producto | Número de personas formadas en la aplicación de tecnologías limpias sin el uso de mercurio. | |
| | Resultado | Número de personas formadas que no usan mercurio. | |

PLAN ESTRATÉGICO SECTORIAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO

| | | | |
|--------------|--|-----------|------------------|
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía con el apoyo de la Gobernación de Antioquia y la Agencia Nacional de Minería ANM. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Formación a 3250 mineros en el uso de tecnologías limpias sin el uso de mercurio para el año 2015. 2. Formación a 3250 mineros en el uso de tecnologías limpias sin el uso de mercurio para el año 2016. 3. Formación a 3250 mineros en el uso de tecnologías limpias sin el uso de mercurio para el año 2017. 4. Formación a 3250 mineros en el uso de tecnologías limpias sin el uso de mercurio para el año 2018. | | |
| Plazo: | 2016, 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 3.712.500.000 |

| Ficha N. 24 | | EJE 4 - Educación y Comunicación. | |
|--------------|--|---|------------------|
| Objetivo: | Generar guías técnicas para la comunidad minera de cada región con el fin de implementar el uso de tecnologías eficientes en el proceso de beneficio de oro sin utilizar mercurio. | | |
| Meta: | Elaboración de Diez (10) guías, una por cada departamento priorizado: Antioquia, Nariño, Cauca, Santander, Chocó, Tolima, Caldas, Valle del Cauca, Bolívar Y Huila. | | |
| Indicador: | Producto | Número de guías técnicas realizadas para la comunidad minera de cada región con el fin de implementar el uso de tecnologías eficientes en el proceso de beneficio de oro sin utilizar mercurio. | |
| | Resultado | Unidades Básicas de Beneficio con implementación de guías técnicas. | |
| Responsable: | Servicio Geológico Colombiano, Ministerio de Minas y Energía, con el apoyo de Agencia Nacional de Minería ANM y Gobernación de Antioquia. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. A partir de la línea base (diagnóstico) de cada uno de los entables o plantas de beneficio identificados, realizar muestreos para determinar análisis mineralógicos de cada región. 2. Proponer tecnologías de producción limpia para cada región, según análisis de ensayo al fuego, granulométrica, económica (costo - beneficio), entre otros. 3. Generar el insumo de las guías donde se indique el paso a paso para realizar una buena recuperación del mineral valioso, describiendo cada operación unitaria, los inconvenientes que se pueden presentar y las posibles soluciones a éstos. 4. Presentar Guías regionales. 5. Proporcionar y divulgar guías regionales entre la población objetivo. | | |
| Plazo: | 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 4.200.000.000 |

| Ficha N. 25 | | EJE 4 - Educación y Comunicación. | |
|-------------|---|-----------------------------------|--|
| Objetivo: | Dar a conocer los proyectos ejecutados con éxito para la eliminación del uso del mercurio. | | |
| Meta: | Participación en 20 eventos internacionales, nacionales para la divulgación de los proyectos ejecutados y exitosos a la comunidad nacional e internacional. | | |

| | | | |
|--------------|--|--|----------------|
| Indicador: | Producto | Número de Participaciones activas en las regiones mineras del País. Número de participaciones activas en eventos nacionales. Número de participaciones activas en eventos internacionales. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Minería ANM, Gobernación de Antioquia, con el apoyo del Servicio Geológico Colombiano, y la UPME. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Participación en eventos nacionales (Feria de Medellín, Foro con Gobernaciones, entre otros). 2. Participación en eventos internacionales (Convenio Minamata, OCDE, entre otros). 3. Participación en eventos regionales contando con aliados intersectoriales y del sector privado (juntas departamentales y demás). | | |
| Plazo: | 2016, 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 120.000.000 |

| Ficha N. 26 | | EJE 4 - Educación y Comunicación. | |
|--------------|---|---|----------------|
| Objetivo: | Crear espacio web de consulta de la información relacionada con las actividades ejecutadas para la eliminación del mercurio de la actividad minera. | | |
| Meta: | Creación de Un (1) espacio WEB para la consolidación de información desarrollada por las entidades adscritas y MME, integrando los resultados exitosos de reducción y eliminación de mercurio. (SIMCO). | | |
| Indicador: | Producto | Número de espacios creados y alimentados (WEB SIMCO) para la socialización de los resultados exitosos emprendidos por las instituciones para la reducción y eliminación del uso del mercurio. | |
| Resultado | Número de personas que consultaron la información vía WEB. | | |
| Responsable: | UPME, con el apoyo del Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Minería ANM, Gobernación de Antioquia y Servicio Geológico Colombiano. | | |
| Actividades: | Crear espacio WEB para la consolidación de información e integrar resultados exitosos de reducción y eliminación de mercurio. | | |
| Plazo: | 2017 - 2018 | Recursos: | \$ 300.000.000 |

| Ficha N. 27 | | EJE 4 - Educación y Comunicación. | |
|--------------|--|--|--|
| Objetivo: | Diseñar estrategia de comunicaciones que permita la divulgación masiva de las acciones encaminadas a la eliminación del mercurio de la actividad minera. | | |
| Meta: | Elaboración de Una (1) estrategia de comunicaciones masiva para informar a la comunidad en general sobre acciones desarrolladas, casos exitosos, cumplimiento de normatividad y resultados de la ejecución del plan. | | |
| Indicador: | Producto | Servicio de divulgación mediante un Plan de Medios | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía | | |

PLAN ESTRATÉGICO SECTORIAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO

| | | | |
|--------------|--|-----------|----------------|
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de proceso contractual. 2. Recopilación de información de fuentes institucionales. 4. Análisis de información de fuentes institucionales. 5. Construcción de estrategia de comunicaciones a partir de la formulación de un plan de medios. 6. Presentación estrategia de comunicaciones. | | |
| Plazo: | 2017-2018 | Recursos: | \$ 328.252.800 |

| Ficha N. 28 | | EJE 4 - Educación y Comunicación. | |
|--------------|--|--|----------------|
| Objetivo: | Ejecutar acciones para la Implementación de la estrategia de comunicaciones. | | |
| Meta: | Ejecución de Cinco (5) acciones de divulgación de información (entrevistas, videos, foros, guías, entre otros). | | |
| Indicador: | Producto | Número acciones de divulgaciones realizadas sobre los resultados sectoriales obtenidos para la eliminación del uso del mercurio. | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuñas radiales dando a conocer el proyecto a realizar en cada municipio. 2. Socializar y divulgar los resultados del proyecto realizado en cada municipio por medio del periódico local, regional y nacional. 3. Realizar entrevistas a mineros beneficiados con la ejecución de los proyectos y divulgarlo en las páginas de las entidades institucionales. 4. imprimir las guías técnicas elaboradas para la eficiencia en los procesos de beneficio con tecnologías de producción limpias, las cuales serán divulgadas y socializadas en cada municipio. 5. Realizar reportajes para demostrar el proceso de beneficio sin el uso de mercurio. | | |
| Plazo: | 2017, 2018 | Recursos: | \$ 500.000.000 |

| Ficha N. 29 | | EJE 4 - Educación y Comunicación. | |
|--------------|---|---|----------------|
| Objetivo: | Diseñar mecanismos de divulgación que permitan promover el Registro de Usuarios de Mercurio al interior del sector minero. | | |
| Meta: | Elaboración de Una (1) estrategia para promover el registro de usuarios de mercurio al interior del sector minero. | | |
| Indicador: | Producto | Estrategia que promueva el Registro de usuarios de mercurio | |
| Responsable: | Ministerio de Minas y Energía | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Emplear líneas comunicacionales masivas, charlas con personas que comercien o utilicen el elemento en la actividad minera. 2. Pautas publicitarias, divulgación de procedimientos para la inscripción mediante talleres, entre otras iniciativas. | | |
| Plazo: | 2016 | Recursos: | \$ 200.000.000 |

| Ficha N. 30 | | EJE 4 - Educación y Comunicación. | |
|--------------|---|--|----------------|
| Objetivo: | Generar eventos para socializar proyectos de investigación relacionados con la problemática del uso del mercurio en la actividad minera. | | |
| Meta: | 5 eventos de socialización de los Dos (2) proyectos de investigación "CADENA DEL MERCURIO e INCIDENCIA REAL DE LA MINERIA SOBRE EL RECURSO HIDRICO", con guías generadas. | | |
| Indicador: | Producto | Número de Eventos desarrollados para socialización de los proyectos seleccionados. | |
| | Resultado | Número de personas informadas sobre los Dos (2) proyectos de investigación. | |
| Responsable: | UPME, con el apoyo del Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Minería ANM y Gobernación de Antioquia. | | |
| Actividades: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de entidades y regiones para divulgación de los proyectos priorizados. 2. Socialización del proyecto CADENA DEL MERCURIO e INCIDENCIA REAL DE LA MINERIA. 3. Publicación del proyecto INCIDENCIA REAL DE LA MINERIA con sus guías. | | |
| Plazo: | 2016 | Recursos: | \$ 500.000.000 |

6. BIBLIOGRAFÍA

Ley 685 de 2001, Código de Minas.

Ley 1658 de 2013, Ley de Mercurio.

Convenio Minamata, 2013.

Plan Nacional de Desarrollo, 2011 - 2014.

Plan Nacional de Desarrollo, 2014 - 2018.

Plan Único Nacional para Eliminación de Mercurio, Minambiente, 2014.

Universidad de Córdoba, UPME, MINMINAS, 2014, Estudio de la Cadena del Mercurio con énfasis en la actividad minera aurífera Colombiana. Bogotá.