

**REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS
EN LAS FUENTES HIDRICAS DERIVADO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN
COLOMBIA 2010-2016.**

MAIRA ALEJANDRA MORENO GARCÍA



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

2017

**REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS
EN LAS FUENTES HIDRICAS DERIVADO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN
COLOMBIA 2010-2016.**

MAIRA ALEJANDRA MORENO GARCÍA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título
de Ingeniería Civil**

**Ing. Alberto Sánchez de la Calle
Ingeniero Civil
Asesor Disciplinar**

**Lic. Roy Morales Pérez
Asesor Metodológico**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

2017

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2. OBJETIVOS.....	9
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
3. JUSTIFICACIÓN	10
4. METODOLOGIA	12
4.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....	12
4.2. CATEGORIAS DE ANÁLISIS.....	12
4.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN DOCUMENTAL	13
5. DESARROLLO.....	14
5.1. NORMATIVA COLOMBIANA	14
5.2. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN FUENTES HÍDRICAS	15
5.3. MINERÍA POR DEPARTAMENTO	18
5.3.1. Antioquia.....	20
5.3.2. Bolívar	24
5.3.3. Cauca	27
5.3.4. Chocó	28
5.3.5. Nariño.....	31
5.3.6. Córdoba	32
5.4. IMPACTO AMBIENTAL.....	34
5.4.1. Mercurio	34
5.5. AFECTACIÓN A LA SALUD.....	42
5.5.1. Mercurio	42
5.6. FUENTES DE CONTAMINACIÓN	45
5.6.1. Mercurio	45
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
7. BIBLIOGRAFIA.....	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Valores estimados de mercurio utilizado en la minería artesanal del oro producido por diferentes países del mundo.	6
Tabla 2: Producción de oro por departamentos, Colombia 2009-2013.....	7
Tabla 3: Legislación minera.....	14
Tabla 4: Legislación ambiental.....	14
Tabla 5: Participación ciudadana y minera	15
Tabla 6: Distrito minero en Colombia.....	19
Tabla 7: Relación Mercurio gastado por oro producido en el Departamento de Antioquia ..	22
Tabla 8: Producción de Oro en el Departamento de Antioquia y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural.	23
Tabla 9: Relación Mercurio gastado por oro producido en el Departamento de Bolívar	24
Tabla 10: Producción total de oro en Bolívar.....	25
Tabla 11: Producción de Oro en el Departamento de Bolívar y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural.	26
Tabla 12: Relación Mercurio gastado por oro producido en el departamento de Cauca. ..	27
Tabla 13: Producción de Oro en el Departamento de Cauca y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural.	28
Tabla 14: Relación Mercurio gastado por oro producido en el Departamento de Chocó... ..	29
Tabla 15: Producción de Oro en el Departamento de Chocó y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural.	30
Tabla 16: Relación Mercurio gastado por oro producido en el Departamento de Nariño ..	31
Tabla 17: Producción de Oro en el Departamento de Nariño y cantidad promedio de no recuperado y liberado al medio de ambiente.....	32
Tabla 18: Relación Mercurio consumido por oro producido en el Departamento de Córdoba	32
Tabla 19 : Producción de Oro en el Departamento de Córdoba y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural.	33
Tabla 20: Valores de referencia para Hg de acuerdo a la WHO, EPA, OSHA y FDA.	34
Tabla 21: Concentraciones de mercurio ambiental, encontrado en aguas superficiales no contaminadas.....	35
Tabla 22: Concentraciones admisibles de mercurio según la destinación del recurso hídrico de acuerdo a la legislación colombiana.....	36
Tabla 23: Liberaciones de Mercurio por subcategorías.	37
Tabla 24: Evaluación de mercurio (ng/ml) en aguas de río Cauca 1995-2008	39
Tabla 25: Análisis de mercurio total en sedimentos del río Cauca.....	39
Tabla 26: Concentraciones de Mercurio halladas en muestras del río Cauca.....	40
Tabla 27: Concentraciones de mercurio en peces de Colombia.....	41
Tabla 28: Valores de mercurio en muestras de cabello y sangre egn Colombia.....	43

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Mapa de Distritos Auríferos de Colombia..... 18

Imagen 2: Ubicación de Regiones demandantes de mercurio en Antioquia..... 20

Imagen 3 : Mapa de niveles de mercurio en sedimento, Colombia 38

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia cuenta con recursos naturales abundantes entre los cuales se encuentra el agua, este país está rodeado por dos océanos, existen más de treinta ríos principales y alrededor de setecientos cincuenta y cinco mil micro cuencas, sin embargo, en los últimos años se ha dado a conocer la concentración de metales pesados en estos recursos, los cuales generan afectación en diferentes ámbitos como la salud, los ecosistemas, el medio ambiente y la economía; la presencia de estos materiales se ha convertido en uno de los factores contaminantes adicional a otros como desechos y aguas residuales urbanas y rurales.

En el año 2010 Colombia ocupó el segundo lugar a nivel mundial en cantidad de mercurio, utilizado para la explotación de minería artesanal 75 ton/año en la extracción de 36,9 Ton de oro en el año 2011, después de China que es el primer generador de oro en el mundo, que utiliza 444,5 ton/año para la producción de 371 Ton de oro como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Valores estimados de mercurio utilizado en la minería artesanal del oro producido por diferentes países del mundo.

País	Mercurio importado (Ton/año)	Mercurio utilizado en minería del oro (Ton/Año)	Ton. Oro producido en el 2011	Ranking mundial en producción de oro (2011)
China	0,583 (2011)	444,5	371	1
Colombia	101,3 (2012)	75	36,9	19
Perú	111,0 (2012)	70	188	6
Ecuador	4,49 (2012)	50	N.D.	N.D.
Brasil	36,15 (2013)	45	67,5	12
Venezuela	0,111 (2011)	15	N.D.	N.D.
Bolivia	15,8 (2012)	7,5	N.D.	N.D.
Suráfrica	32,3 (2013)	7,5	198	5
México	26,6 (2012)	7,5	86,6	10
Chile	2,23 (2013)	4	44,5	17
Argentina	N.D.	N.D.	59,3	14
EE-UU	155,0 (2008)	N.D.	233	3
Australia	33,7 (2012)	N.D.	258	2

Fuente: Rev. Salud pública¹

¹ Díaz Arriaga, Farith. Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para el consumo humano. Obtenido de: Revista salud pública. USA, 2014. P. 950

Los metales pesados que son originados desde hace años por la explotación minera a lo largo de los cauces y donde su presencia en los recursos hídricos puede contribuir a un problema para la salud y el medio ambiente, teniendo en cuenta que dichos metales expiden sustancias tóxicas como el mercurio, cromo y cianuro, como principales sustancias utilizadas para la explotación de minerales como el oro y el platino.

“Este tipo de contaminación ha generado problemas en 17 departamentos y 80 municipios del país, dentro de los principales departamentos donde se presenta este tipo de contaminación por la extracción del oro son: Antioquia, Choco, Bolívar, Cauca, Caldas y Nariño”².

Tabla 2: Producción de oro por departamentos, Colombia 2009-2013

Departamentos	Kilogramos de oro producido (2009-2013)	%
Antioquia	113.533,70	43
Chocó	98.580,20	37
Bolívar	20.388,20	8
Cauca	11.192,40	4
Caldas	6.780,30	3
Nariño	6.458,70	2
Otros	8.179,20	3
Total	265.112,70	100

Fuente: Rev. Salud publica³

En cuanto a su explotación nacional en el periodo 2009 a 2013, según el sistema de información minero colombiano como se muestra en la tabla 2, el departamento con mayor producción fue Antioquia con 113.533,7 Kg de oro, seguido por el departamento del choco con 98.580,2 kg de oro. Estos departamentos por la extracción minera sufren un alto grado de contaminación como consecuencia de la presencia de mercurio en su entorno.

² Díaz Arriaga, Farith. Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para el consumo humano. Obtenido de: Revista salud pública. USA, 2014. P.948

³ Ibit. Pag. 950

Con base en lo anterior, el agua como principal recurso y fuente de vida se ve afectada por el mal manejo de residuos por parte de la industria e ilegalidad en la minería, pues dicha actividad genera impactos económicos debido al tratamiento de las aguas con el fin de reducir la afectación a las especies que habitan en los afluentes y por ende, a las comunidades que se benefician de estas.

La contaminación del recurso hídrico para consumo humano, causa enfermedades generando graves consecuencias en la salud de sus consumidores, como parasitismo intestinal, gastroenteritis, cólera, hepatitis infecciosa, paludismo, también afecta en el desarrollo de los fetos y niños pequeños. Las especies acuáticas de igual forma están expuestas y alcanzan a tener contenidos de mercurio o algún metal pesado que puede ser nocivo para el consumo humano, es decir, no solo se ha visto afectada la salud humana, sino también tiene implicaciones en zonas agrícolas, de pesca y en los sedimentos de los sistemas de captación de agua potable, donde la concentración es mayor que en la superficie de los ríos.

Dada esta problemática, es importante buscar la forma de mitigar el impacto ambiental causado por la minería y recuperar las fuentes hídricas que abastecen el país, como uno de los principales derechos consagrados en la constitución política de Colombia (1991), de igual forma, es deber del gobierno Colombiano tomar medidas para proteger el medio ambiente y la salud de todos los colombianos, no solo identificando las zonas con presencia de metales por encima de las concentraciones naturales, sino buscando reducir este impacto. Si bien ya se está haciendo, tal como se especificó en el plan de desarrollo nacional en uno de sus puntos la *“desarticulación de las organizaciones de tráfico de mercurio y materiales peligrosos utilizados en la minería criminal, así como de las organizaciones que desarrollan explotación ilícita en áreas protegidas excluibles de minería”*⁴, dichos esfuerzos deben ser mayores.

Dado lo anterior y teniendo en cuenta el mal manejo que se le da a la minería y su afectación, se debe tener claro ¿Cuáles son los impactos generados por la presencia de metales pesados en las fuentes hídricas colombianas?

⁴ Departamento Nacional de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo Colombia, 2014-2018. Obtenido de: Departamento Nacional de Planeación. Colombia, 2014. P. 381

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar a partir de información secundaria, los impactos ambientales y sociales generados por la presencia de metales pesados en las fuentes hídricas colombianas en los años 2010-2016.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1.** Identificar en bases de datos especializadas información documental sobre la contaminación por metales pesados de fuentes hídricas para el periodo 2010-2016.
- 2.2.2.** Establecer los impactos generados por la contaminación de fuentes hídricas.
- 2.2.3.** Determinar los impactos sociales que genera la minería ilegal en Colombia.

3. JUSTIFICACIÓN

Estudiar la presencia de metales pesados como el mercurio en los recursos hídricos de Colombia es de suma importancia, dado a que se pueden identificar las diferentes causas de contaminación dada por actividades mineras o industriales, que afecta el medio ambiente y la salud del ser humano al ser sustancias incompatibles con el organismo. Teniendo en cuenta que las fuentes hídricas se han visto afectadas a lo largo de los años debido a la explotación minera, en especial la extracción de oro y platino que incluyen maquinaria pesada y sustancias como lo es el mercurio que es altamente contaminante y ha afectado a los ciudadanos que se benefician con el abastecimiento de las fuentes, lo que indica que la explotación minera e industrial está vulnerando derechos fundamentales de los ciudadanos como la Salud y la Vida.

Es así como el agua siendo la principal fuente de abastecimiento del país, utilizada para fines domésticos, pesca, minería, sistemas de riego, agropecuarios entre otros factores, se está viendo seriamente afectada por la contaminación, al cual hay que prestarle atención más aun teniendo en cuenta que para Colombia, *“el abastecimiento y el saneamiento hídrico se considera un derecho social, económico y cultural. La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud.”*⁵

Según la anterior cita, se debe velar por la protección, calidad y uso adecuado del recurso natural, disminuyendo la presencia de factores químicos como lo es el mercurio, que puede causar *“una afectación por el débil proceso de planificación minera en la mayor parte de las explotaciones que se realizan; el desconocimiento de la importancia de la preservación del medio ambiente, la ilegalidad de la actividad que imposibilita la implementación de planes de manejo que consideren medidas de prevención, mitigación y corrección de la degradación ambiental.”*⁶

Es así, que lo que se busca con la revisión documental es determinar los impactos generados por la presencia de metales pesados en las fuentes hídricas colombianas

⁵ Corte Constitucional. Constitución Política de Colombia. Obtenido de: Corte Constitucional.Colombia, 1991. Art. 49

⁶ Asamblea Departamental del Chocó. Plan de desarrollo departamental. Obtenido de: Asamblea departamental del Choco. Chocó, 2012-2015

y las implicaciones que puede generar en cuando a salud y su contaminación al medio ambiente debido a dicha situación, aquí radica la importancia del estudio sobre ese tipo de contaminación, la influencia o intervención del Estado en el asunto y los aportes personales que se puede dar a esta investigación en pro del bienestar de la ciudadanía afectada y del correcto manejo de los recursos minerales y hídricos, para lograr el equilibrio entre las diferentes fuentes de contaminación y el manejo de los recursos.

4. METODOLOGIA

4.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

El enfoque metodológico fue de carácter cualitativo, ya que se adelantó una revisión documental de las afectaciones que se han presentado en el país, por la presencia de metales pesados en el agua a consecuencia de la explotación mineral. Esto se logró reuniendo información detallada sobre esta problemática y las implicaciones ambientales y sociales.

4.2. CATEGORIAS DE ANÁLISIS

Para esta revisión documental se consideraron los siguientes descriptores, con el fin de realizar una búsqueda bibliográfica en bases de datos considerando un periodo de tiempo de 2010-2016:

1. Minería ilegal: extracción de minerales metales o no metales sin ningún tipo de regulación por parte de las autoridades competentes y el Estado.
2. Fuentes de contaminación: toda actividad por la cual el medio ambiente es afectado a través de productos, servicios, explotación y extracción de recursos naturales.
3. Afectaciones a la salud: son efectos dados a corto o largo plazo que la contaminación puede ejercer sobre la salud del ser humano.⁷
4. Impacto ambiental: las implicaciones que puede traer la presencia de metales pesados a las fuentes hídricas, las especies, y la biodiversidad del país.

⁷Organización Mundial de la Salud. Temas de Salud. Obtenido de:
http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/.

4.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN DOCUMENTAL

Se realizó una investigación teniendo en cuenta documentos, tesis y artículos proporcionados por repositorios institucionales como el de la Universidad Nacional, Universidad del Valle, Universidad de Sogamoso, bases de datos como: Redalyc, scielo.org. En la búsqueda se emplearon los siguientes descriptores: “Metales pesados” AND “Agua” AND “Colombia”; “Mercurio” AND “Agua” AND “Colombia”; y se tuvo en cuenta la información dada por la CAR, sumado a estadística y estudios del Ministerio de Minas y Energía y Ministerio de ambiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se obtuvieron los siguientes resultados en la búsqueda documental.

No. de documentos: “Metales pesados” AND “Agua” AND “Colombia”	
UNAL	1015
Javeriana	40
EAN	11
Redalyc.org	654
Scielo.org	21

En esta consulta se utilizaron 10 documentos de referencia, para dar respuesta al planteamiento del problema. Se especificó la susceptibilidad que está presentando el país por presencia de metales pesados y sus consecuencias ante el mal uso en la minería, industria y desechos. Los documentos citados fueron tomados del periodo del 2010-2016 y se logró establecer el estado actual en la población.

5. DESARROLLO

5.1. NORMATIVA COLOMBIANA.

La minería en Colombia está regida por diferentes normativas en cuanto a aspectos técnicos, ambientales y sociales. En la tablas 1 al 3 se listan las normativas vigentes⁸.

Tabla 3: Legislación minera

	Fecha de expedición
Ley 685	15 de agosto de 2001
Ley 1450	16 de junio de 2011
Decreto 2235	30 de octubre de 2012
Resolución 205	26 de marzo de 2013
Decreto 933	9 de mayo de 2013
Ley 1658	15 de julio de 2013

Fuente: MINMINAS⁹

Tabla 4: Legislación ambiental

	Fecha de expedición
Decreto ley 2811	28 de diciembre de 1974
Ley 99	22 de diciembre de 1993
Ley 1333	21 de julio de 2009
Decreto 2820	5 de agosto de 2010
Resolución 918	20 de mayo de 2011
Decreto 3573	27 de septiembre de 2011
Decreto 953	17 de mayo de 2013
Decreto 1374	27 de junio de 2013

Fuente:MinMinas¹⁰

⁸ Ministerio de minas y Energía. Normativa minera. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Normas Vigentes.

⁹ *Ibíd.*, pág. 11

¹⁰ *Ibíd.*, pág. 12

Tabla 5: Participación ciudadana y minera

	Fecha de expedición
Ley 685	15 de agosto de 2001
Sentencia C- 891	22 de octubre de 2002
Decreto 934	09 de mayo de 2013
Constitución Nacional	20 de julio de 1991
Ley estatutaria 134	31 de mayo de 1994
Ley 850	19 de noviembre de 2003
Ley 70	1993
Decreto 1745	Octubre de 1995
Decreto 2163	Octubre de 2012
Ley 21	1991
Decreto 2164	Diciembre de 1995
Directiva presidencial 01	Marzo de 2010
Convenio 167 OIT	

Fuente: MinMinas¹¹

5.2. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN FUENTES HÍDRICAS

Para el desarrollo de este proyecto, es necesario tener claro que son los metales pesados, como generan contaminación y la afectación al medio ambiente y la salud. Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua son: mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo.

Un metal pesado es un miembro de un grupo de elementos que exhibe propiedades metálicas, incluyendo principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos. Muchas definiciones diferentes han propuesto basarse en la densidad, otras en el número atómico o peso atómico, y algunas en sus propiedades químicas o de toxicidad.¹²

Los metales pesados tóxicos más conocidos son el mercurio, el plomo, el cadmio y el arsénico, y en raras ocasiones, algún no metal como el selenio. A veces también se habla de contaminación por metales pesados incluyendo otros elementos tóxicos más ligeros, como el berilio o el aluminio.

Ahora, si bien los organismos vivos requieren cantidades de metales pesados, dicho requerimiento de hierro, cobalto, cobre, manganeso y zinc es en cantidades pequeñas las excesivas cantidades pueden dañar el organismo de seres humanos

¹¹ Ibíd., pág.12

¹² Duffus John H. "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report)" Pure and Applied Chemistry. Obtenido de: <https://www.iupac.org/publications/pac/2002/pdf/7405x0793.pdf>. Edinburgh, 2002. Vol. 74, P. 793–807.

y animales. Otros metales pesados como mercurio y plomo son metales tóxicos que no tienen un efecto vital o beneficioso para el organismo, y su acumulación en el tiempo y en el cuerpo de los animales puede causar serias enfermedades, como por ejemplo envenenamiento por mercurio.¹³

Estos metales cuando tienen una mayor concentración en los recursos hídricos provenientes del sector industrial o minero, se convierten en fuentes de contaminación, sumados a los lixiviados vertidos de aguas residuales pueden ser asimismo una fuente de contaminación, es por esto que la contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química.

En Colombia la contaminación hídrica por lo general surge de la extracción minera principalmente oro y platino, alterando el ambiente por efecto considerable en la concentración y movilidad de los metales en suelos, adicional a esto los productos químicos agrícolas y lodos residuales. Es así que la contaminación por metales pesados en el agua procedente de las industrias como la minera, la de recubrimientos metálicos, las fundidoras pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación.

A pesar de las abundantes pruebas de estos efectos nocivos para la salud, la exposición a los metales pesados continúa y puede incrementarse por la falta de una política consensuada y concreta. El mercurio todavía se utiliza profusamente en las minas de oro. El arsénico, junto con los compuestos de cobre y cromo, es un ingrediente muy común en los conservantes de la madera. El aumento del uso del carbón incrementará la exposición a los metales porque las cenizas contienen muchos metales tóxicos que pueden ser aspiradas hasta el interior de los pulmones.

Ahora ¿Que generan estos contaminantes en la salud de los seres humanos? Cada metal y cada elemento químico contaminante tienen un mecanismo de acción y un lugar de acumulación determinado. El más conocido es el plomo que afecta varios sistemas, por ejemplo en el sistema nervioso llega a dañar a las neuronas especialmente las del cerebro. El plomo afecta también a la médula ósea y otro lugar donde es frecuente encontrarlo es el riñón, específicamente en sistema tubular de las nefronas. Otro metal pesado es el cadmio que también afecta al riñón y otro que no es exactamente un metal pero es un contaminante es el arsénico que tiene efecto directo en las mitocondrias.

¹³ Londoño Luis, Londoño Paula, Muñoz Fabian. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y Animal. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>. Medellín, 2016. Volumen 14 No. 2

Los daños en si son muy diversos dependiendo de cada metal, pero en general se puede decir que hay lesión celular. En cuanto al riñón, los metales pesados a lo largo generan daño renal que puede llegar hasta una insuficiencia.¹⁴

En cuanto al mercurio, el efecto principal se manifiesta sobre el sistema nervioso central causando síntomas como parestesias, perdida de coordinación física, dificultades al hablar, estrechamiento del campo visual, impedimentos auditivos, ceguera y muerte; en los fetos genera problemas de desarrollo motriz, problemas sensoriales y retardos mentales; cuando el mercurio es inhalado puede causar afecciones en los tejidos pulmonares. De igual forma, el mercurio inorgánico puede producir diferentes lesiones en la piel, trastornos en los estados emocionales del ser, pérdida de memoria y atrofiamiento muscular¹⁵.

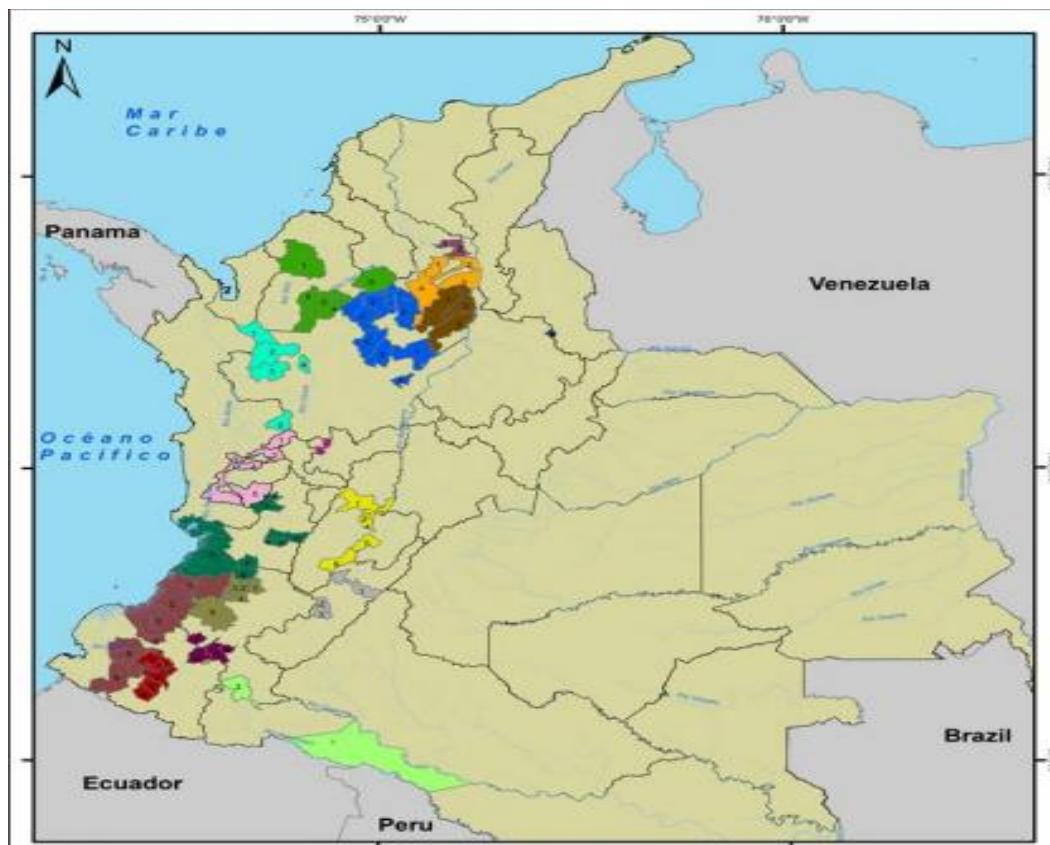
Es necesario entonces controlar las fuentes de contaminación con metales pesados; prevenir que estos se difundan en el medio ambiente evitando que los desechos que contienen metales pesados lleguen a él. En concreto las medidas sanitarias son principalmente de prevención: identificar las fuentes de contaminación, controlar la difusión a partir de estas, tratar de no incluir en los procesos industriales materia prima que contenga metales pesados, y otras parecidas. Si ya existen suelos y aguas contaminadas, se deben aplicar algunas medidas que se llaman de remediación.

¹⁴ MARTÍNEZ José Alejandro y URIBE Alberto, El mercurio y la contaminación por la actividad extractiva. Obtenido de: Universidad EAN <http://journal.ean.edu.co/index.php/Revistao/article/view/1250>. Colombia, 2015. P. 55-76

¹⁵ Ibit, P. 55-76

5.3. MINERÍA POR DEPARTAMENTO

Imagen 1: Mapa de Distritos Auríferos de Colombia



Fuente: MinMinas¹⁶

CONVENCIONES			
	Putumayo		Marmato
	Nordeste Antioqueño		Mojana Bolivarense
	Montelibano		Magdalena Medio Bolivarense
	Lobas		Itsmina
	Frontino		La Llanada
	Vetas		Buenos Aires- El Tambo
	Cali- El Dovio		Ataco- Payande
	Costa Pacífica Sur		Mercaderes
			Tesalia- Aipe

¹⁶ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo I. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.260

La ubicación minera aurífera de Colombia está ubicada según la ilustración 1, en donde se muestran los distritos mineros reconocidos legalmente en los respectivos departamentos. En Colombia los departamentos que cuentan con mayor producción de oro son: Antioquia, Chocó, Bolívar, Cauca, Caldas, Valle del Cauca, Tolima, Nariño, Córdoba, Santander, Risaralda, Putumayo y Huila. Actualmente se reconocen 17 distritos mineros legalmente reconocidos en los principales municipios productores de oro mostradas en la tabla 6:

Tabla 6: Distrito minero en Colombia

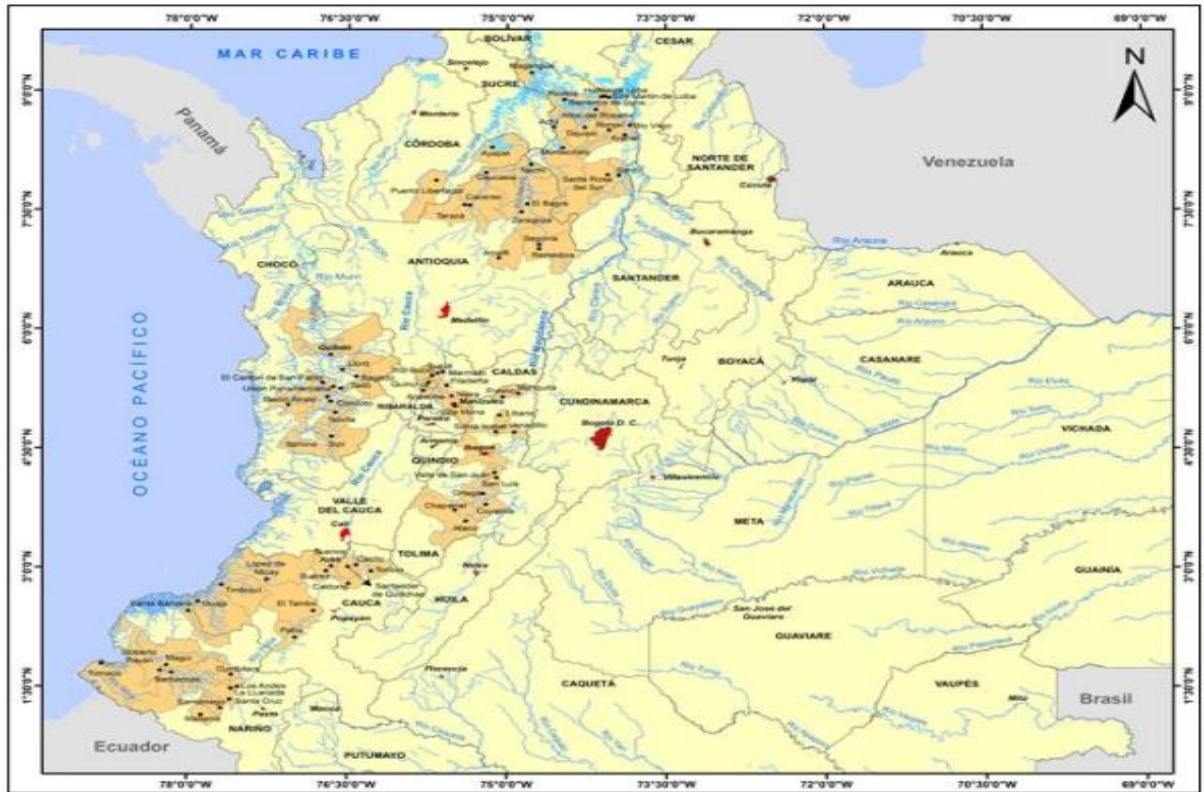
Distrito minero	principales municipios productores de oro
El Tambo- Buenos Aires	Buenos Aires, El Tambo, Morales, Santander de Quilichao, Suarez.
Costa Pacífica Sur	Barbacoas, Magui, Iscuandi, Guapi, Timbiqui, López de Micay.
La Llanada	Cumbitara, La Llanada, Los Andes, Mallana, Samaniego, Santacruz
Mercaderes	Almaguer, Bolivar, Mercaderes, Balboa
Tesalia- Aipe	Neiva, Tesalia, Iquira
Cali- El Dovio	Cali, Bolivar, Buenaventura, Buga, El Dovio, Ginebra, Guacari, Jamundi.
Ataco – Payande	Ibague, Ataco, Coello, Coyaima, San Luis, Valle de San Juan
Vetas	Vetas, California
Frontino	Buritica, Frontino, Dabeiba, Mutata, El Carmen de Atrato.
Itsmina	Bagado, Condoto, Itsmina, Sipí, Tadó
Lobas	Barranco de Loba, San Martin de Loba
Magdalena Medio Bolivarense	San Pablo, Samiti, Santa Rosa del Sur.
Mojana Bolivarense	Montecristo, Morales, Río Viejo, Tiquisio
Montelibano	Ayapel, Montelibano, Puerto Libertador, Monteria, San Jose de Ure.
Nordeste Antioqueño	Amalfi, Anori, Caceres, Caucasia, El Bagre, Nechi, Maceo, Remedios
Marmato	Marmato, Supia y Quinchia
Putumayo	Mocoa, Leguizamo, Sibundoy

Fuente: MinMinas¹⁷

¹⁷ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo II. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.25

5.3.1. Antioquia

Imagen 2: Ubicación de Regiones demandantes de mercurio en Antioquia

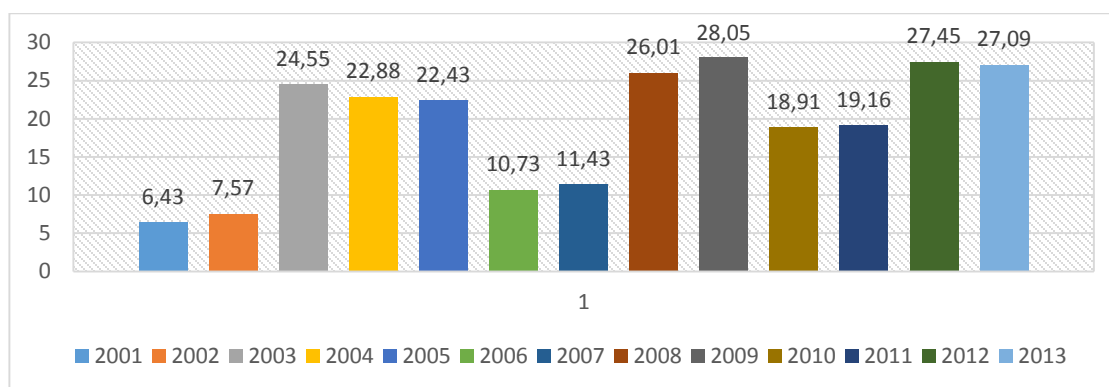


Fuente: MinMinas¹⁸

Antioquia es el primer municipio en producción aurífera en el país donde en los últimos trece años ha alcanzado 28.05 toneladas de producción en el año 2009 siendo este año su máxima productividad tal como se muestra en el grafico 1:

¹⁸ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo I. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.216

Grafico 1: Producción aurífera histórica del departamento de Antioquia (toneladas)



Fuente: MinMinas¹⁹

En Antioquia según el ministerio de minas se han estudiado 21 minas donde se hizo un estudio sobre la relación de mercurio utilizado por gramo de oro producido tal y como se ve en la tabla 7.

El mercurio no recuperado y oro producido son diferentes, como lo es en la mina oro verde 1 que se encuentra ubicado en el municipio Zaragoza, donde se evidencia que las relaciones de 55 partes de mercurio no recuperado por cada parte de oro que se produce. Solo en tres de las 21 minas estudiadas se recupera parte del mercurio utilizado para la explotación minera de la región. En cuanto al promedio de la relación de mercurio/ oro producido por este departamento es de 7,2115 siendo el municipio de Segovia en el que se evidencia mayor relación de mercurio/oro, seguido de los municipios de El Bagre y Zaragoza

¹⁹ Ibit. P. 217

Tabla 7: Relación Mercurio gastado por oro producido en el Departamento de Antioquia

Punto caliente (Mina o Entable)	Municipio	Cantidad de Hg comprado (lb/mes)	Cantidad de Hg recuperado (lb/mes)	Total mercurio no recuperado (lb/mes)	Cantidad de oro producido (lb/mes)	Relación Hg/Au
Entable El Rincón	Segovia	4,41	2,65	1,76	1,32	1,33
Entable El Relámpago	Segovia	28,66	11,02	17,64	2,21	8,00
Entable La Orquídea	Segovia	13,23		13,23	3,31	4,00
Entable JM	Segovia	2,21		2,21	17,64	0,13
Entable La Palma	Segovia	13,23		13,23	0,4	33,33
Mina Los Pujidos	Remedio	158,73		158,73	9,92	16,00
Mina La Porquera	Zaragoza	4,41		4,41	10,00	0,44
Mina Campo Alegre	Zaragoza	1,00		1,00	2,00	0,5
Mina Oro Verde 1	Zaragoza	2,21		2,21	0,04	55,56
Mina Córdoba	Segovia	0,17		0,17	0,22	0,76
Mina El Playón	Segovia	7,50		7,50	10,58	0,71
Mina La Fe	Segovia	2,21		2,21	0,22	10,00
Mina La Tapia	Zaragoza	2,21		2,21	2,21	1,00
Mina La Florida	El Bagre	2,20		2,20	0,55	4,00
Mina El Tejar	El Bagre	1,65		1,65	1,01	1,63
Mina 505	Zaragoza	22,42	8,4	14,02	3,00	4,67
Mina El Real 1 y 2	El Bagre	0,82		0,82	1,83	0,45
Mina La Granja	El Bagre	4,41		4,41	3,04	1,45
Mina Puerto Escondido	Tarazá	11,7		11,7	70,55	0,17
Mina Puerto Rico	Cáceres	8,00	7,2	0,8	8,00	0,10
promedio						7,2115

Fuente: MinMinas²⁰

²⁰ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.76

Hay que tener en cuenta que la minería ilegal también ha afectado en grandes porcentajes al departamento que es ocasionada por minería de pequeña escala como se ve en la tabla 8, en donde los valores promedio anuales son de 129,22 Toneladas de mercurio por año en el Departamento de Antioquia, debido a su uso en la recuperación y beneficio de minerales auroargentíferos.

Tabla 8: Producción de Oro en el Departamento de Antioquia y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural.

Año	Producción de Oro en minería de pequeña escala y/o ilegal (Kg)	Mercurio promedio no recuperado (Kg)
2008	21281,60	154419,29
2009	23059,80	167321,91
2010	13664,47	99149,40
2011	13415,47	97342,65
2012	21307,79	154609,32
2013	14127,24	102507,25
Promedio		129224,97

Fuente: MinMinas²¹

²¹ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.78

5.3.2. Bolívar

El departamento de Bolívar es uno en lo que en diferentes minas se ve el desconocimiento de la utilización del mercurio ya que lo manipulan de manera empírica, es decir que mientras en alguna minas se utilizan 0,37 partes de mercurio por cada gramo de oro extraído en otras utilizan hasta 21,26 gramos de mercurio por cada gramo de oro extraído tal como se ve en la tabla 9:

Tabla 9: Relación Mercurio gastado por oro producido en el Departamento de Bolívar

Punto caliente (Mina o Entable)	Municipio	Cantida d de Hg compra do (lb/mes)	Cantidad de Hg recupera do (lb/mes)	Total mercurio no recuperad o (lb/mes)	Cantida d de oro produci do (lb/mes)	Relaci ón Hg/Au
Mina el Caño	San Martín de Loba	11,02		11,02	4,41	2,5
Mina La Chiva	San Martín de Loba	10,58		10,58	1,06	9,98
Entable Oscar Acuña	San Martín de Loba	33,07		33,07	2,65	12,48
Entable José Armando Machado	San Martín de Loba	4,41		4,41	2,65	1,66
Mina Laberinto	Arenal	0,33		0,33	0,88	0,37
Mina Repollo	Arenal	1,00	0,75	0,25 0,66 0,38	0,66	0,38
Mina Galla	Arenal	1,00	0,75	0,25 0,66 0,39	0,66	0,38
Mina Morrorico	Arenal	0,08	0,06	0,02	0,01	1,89
Mina Catanga	San Martín de Loba	11,02		11,02	1,87	5,88
Mina Santa Cruz	Barranco de loba	19,84		19,84	6,61	3,00
Mina Cooperativa Cobalta	San Martín de Loba	19,84		19,84	6,61	3,00
Entable Andrés Chávez	San Martín de Loba	13,23		13,23	4,85	2,73
Entable Moisés Cantillo	San Martín de Loba	3,09		3,09	0,33	9,36
Entable Aurelio Armenta	San Martín de Loba	8,82		8,82	0,33	26,73
Mina Córdoba	Arenal	15	11,25	3,75	0,18	21,26
Mina Nueva	Arenal	4,00	3,00	1,00	0,18	5,67
Mina Viejito	Arenal	80	60	20,00	2,65	7,56
Entable Víctor Quintero	San Martín de Loba	6,61		6,61	4,19	1,58

Entable Jonny Hernández	San Martín de Loba	2,2	2,20	1,76	1,25
Entable Ore	San Martín de Loba	1,10	1,10	1,87	0,59
promedio					5,9125

Fuente: MinMinas²²

El departamento de Bolívar es el tercer productor de oro en Colombia, después de los Departamentos de Antioquia y Chocó, según el censo nacional minero. Se cree que la minería de hecho o ilegal que se practica corresponde a un 70% del total de las minas del departamento, lo que quiere decir que el Departamento de Bolívar presenta altos índices de evasión de regalías, como se ve en la tabla 9:

Tabla 10: Producción total de oro en Bolívar

Año	Producción Total de Oro En Bolívar kg	Producción legal de Oro (30%) Kg	Producción Ilegal de Oro (70%) Kg
2008	2389,82	716,946	1672,874
2009	3431,14	1029,342	2401,798
2010	5763,72	1729,116	4034,604
2011	5423,03	1626,909	3796,121
2012	4124,65	1237,395	2887,255
2013	1645,67	493,701	1151,969

Fuente: MinMinas²³

En la tabla 10, se puede ver como en los últimos años en el departamento de Bolívar se han vertido un promedio de 15,70 toneladas de mercurio para la explotación del oro afectando así el ámbito natural de los municipios en los que en encuentran ubicados las diferentes minas.

²² MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.79

²³ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.80

Tabla 11: Producción de Oro en el Departamento de Bolívar y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural.

Año	Producción de Oro en minería de pequeña escala y/o ilegal (Kg)	Mercurio promedio no recuperado (Kg)
2008	1672,874	9886,69
2009	2401,798	14194,63
2010	4034,604	23844,51
2011	3796,121	22435,08
2012	2887,255	17063,68
2013	1151,969	6808,14
Promedio		15705,45

Fuente: MinMinas²⁴

²⁴ Ibíd. P. 81

5.3.3. Cauca

En el departamento de cauca se estudiaron 6 minas en como se ve en la tabla 11, en donde las proporciones de mercurio en la amalgamación de oro no son homogéneas y varían entre las diferentes minas. En este departamento se estableció un promedio de 8,56 en la relación mercurio/oro.

Tabla 12: Relación Mercurio gastado por oro producido en el departamento de Cauca.

Punto caliente (Mina o Entable)	Municipio	Cantidad de Hg comprado (lb/mes)	Cantidad de Hg recuperado (lb/mes)	Total mercurio no recuperado (lb/mes)	Cantidad de oro producido (lb/mes)	Relación Hg/Au
Mina Fuego Verde	Suarez	1,1	0,33	0,77	0,44	1,75
Mina El Peñón	Suarez	0,22	0,08	0,13	0,26	0,50
Mina Potosí	Buenos Aires	4,41 -		4,40	0,44	10,00
Mina Higuerillo	Buenos Aires	2,20 -		2,20	0,07	28,57
Mina Tamboral	Suarez	61,72 -		61,72	30,86	2,00
Promedio						8,56

Fuente: MinMinas ²⁵

Es importante destacar que en el departamento de cauca en su gran mayoría siguen haciendo una explotación minera de tipo artesanal y de pequeña escala en la tabla 13 se muestra la cantidad de oro que es extraído por estas minas y la cantidad de mercurio proyectado para el mismo. Donde el promedio de mercurio que no es recuperado es de 16,85 toneladas producidas por la explotación aurífera causando daños al ambiente.

²⁵ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.82

Tabla 13: Producción de Oro en el Departamento de Cauca y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural

Año	Producción de Oro en minería de pequeña escala y/o ilegal (Kg)	Mercurio promedio no recuperado (Kg)
2008	621,54	5320,38
2009	2316,77	19831,55
2010	1036,72	8874,32
2011	1127,57	9651,99
2012	3166,92	27108,83
2013	3544,39	30339,98
Promedio		16854,51

Fuente:MinMinas²⁶

5.3.4. Chocó

Este departamento ocupa el segundo lugar en explotación minera y cuenta con zonas de reservas de oro, plata y platino. Los tipos de minería que se presentan en este departamento son minería artesanal, minería a escala mediana y en su mayoría son minería ilegal. En la tabla 14 se muestra la producción de oro y manejo de mercurio para 10 minas en las que en algunas de ellas se recupera el mercurio utilizado para la explotación y en otras no se recupera nada en donde la relación del promedio de mercurio/oro es 1,43 y a consecuencia de esto se ve afectado el medio ambiente.

²⁶ Ibíd. P.83

Tabla 14: Relación Mercurio gastado por oro producido en el Departamento de Chocó

Punto caliente (Mina o Entable)	Municipio	Cantida d de Hg compra do (lb/mes)	Cantida d de Hg recuper ado (lb/mes)	Total mercuri o no recuper ado (lb/mes)	Cantida d de oro produci do (lb/mes)	Relaci ón Hg/Au
Mina playita	Unión Panamericana	2,2		2,2046	2,2046	1,00
Mina Santa Rita	Tadó	4,40924		4,40924	1,76369	2,50
Mina San José del Cantón	Lloró	13,22772	4,40924	8,82	6,61386	1,33
Mina Weitado	Lloró	4,40924		4,41	2,20462	2,00
Mina Los Gañotes	Lloró	4,40924		4,41	2,20462	2,00
Mina La Corregida	Lloró	0,44092		0,44	0,22046	2,00
Mina Nueva Esperanza	Unión Panamericana	4,40924	2,2046	2,20	2,20462	1,00
Mina Enco	Lloró	4,40924	2,6455	1,76	4,40924	0,40
Mina EstancoMace	Condoto	88,1848	39,683	48,50	44,0924	1,10
Mina Aguas claritas	Tadó	4,40924	2,2046	2,20464	2,20462	1,00
Promedio						1,43

Fuente: MinMinas²⁷

²⁷ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.84

En la tabla 15 se muestra la producción de oro en explotación minera ilegal o de pequeña de escala, en el cual se vierten un promedio de 24,29 toneladas de mercurio al suelo y a fuentes hídricas afectando los recursos que benefician al departamento.

Tabla 15: Producción de Oro en el Departamento de Chocó y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural.

Año	Producción de Oro en minería de pequeña escala y/o ilegal (Kg)	Mercurio promedio no recuperado (Kg)
2008	3340,44	4776,83
2009	10847,19	15511,48
2010	24529,71	35077,49
2011	27915,13	39918,64
2012	24438,01	34946,35
2013	10.850,12	15515,67
Promedio		24291,08

Fuente: MinMinas²⁸

²⁸ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.85

5.3.5. Nariño

El departamento de Nariño se estudió 5 minas como se muestra en la tabla 16 en donde la explotación de oro se lograba con mercurio en donde la recuperación de este metal pesado era nula o se recuperaba en bajo porcentaje. La relación promedio mercurio/oro 4,51.

Tabla 16: Relación Mercurio gastado por oro producido en el Departamento de Nariño

Punto caliente (Mina o Entable)	Municipio	Cantidad de Hg comprado (lb/mes)	Cantidad de Hg recuperado (lb/mes)	Total mercurio no recuperado (lb/mes)	Cantidad de oro producido (lb/mes)	Relación Hg/Au
Mina La Candelaria	Sotomayor	5,00	0,22	4,78	1,00	4,78
Mina Chalacanes	Colon Génova	5,00	2,20	2,8	1,00	2,80
Mina La dorada Bocamina 2	Mallama	44,09		44,09	8,82	5,00
Mina La dorada Bocamina 3	Mallama	44,09		44,09	8,82	5,00
Entable Luis Arcángel	Colon Génova	5,00		5,00	1,00	5,00
Promedio						4,52

Fuente: MinMinas²⁹

En la tabla 17 se evidencia que entre los años 2008-2013 se liberaron un promedio de 50,34 toneladas de mercurio al medio ambiente y fuentes hídricas que rodean las minas de explotación de oro. Hay que considerar que no todas usan para su explotación mercurio si no cianuro.

²⁹ Ibíd. P. 86

Tabla 17: Producción de Oro en el Departamento de Nariño y cantidad promedio de no recuperado y liberado al medio de ambiente.

Año	Producción de Oro en minería de pequeña escala y/o ilegal (Kg)	Mercurio promedio no recuperado (Kg)
2008	238,67	1076,40
2009	442,66	1996,40
2010	328,83	1483,02
2011	235,77	1063,32
2012	2827,87	12753,69
2013	2.623,56	11832,26
Promedio		5034,18

Fuente: MinMinas³⁰

5.3.6. Córdoba

En el departamento de Córdoba se estudiaron tres minas ubicadas en el municipio de Puerto Libertador en donde el uso de mercurio para explotación minera es mínimo tal como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18: Relación Mercurio consumido por oro producido en el Departamento de Córdoba

Punto caliente (Mina o Entable)	Municipio	Cantidad de Hg comprado (lb/mes)	Cantidad de Hg recuperado (lb/mes)	Total mercurio no recuperado (lb/mes)	Cantidad de oro producido (lb/mes)	Relación Hg/Au
Mina Teherán	Puerto Libertador	0,50		0,50	0,22	2,27
Mina San Matías	Puerto Libertador	2,20	1,10	1,10	0,22	5,00
Mina El Alacrán	Puerto Libertador	4,41	1,10	3,31	0,44	7,50
Promedio						4,92

Fuente: MinMinas³¹

³⁰ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.87

³¹ Ibíd. P. 88

En la tabla 19 se muestran la producción de oro a pequeña escala o ilegal del departamento de Córdoba obteniendo un promedio de 1,96 toneladas de mercurio vertido al medio ambiente causando afectaciones en el mismo.

Tabla 19 : Producción de Oro en el Departamento de Córdoba y cantidad promedio de mercurio no recuperado y vertido al ambiente natural

Año	Producción de Oro en minería de pequeña escala y/o ilegal (Kg)	Mercurio promedio no recuperado (Kg)
2008	82,02	403,54
2009	454,79	2237,57
2010	638,22	3140,04
2011	69,18	340,37
2012	759,93	3738,86
2013	392,11	1929,18
Promedio		1964,93

Fuente: MinMinas³²

³² MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III. Obtenido de: Ministerio de minas y energía. Colombia, 2014. P.89

5.4. IMPACTO AMBIENTAL

La problemática ambiental aumenta significativamente por la presencia de metales pesados ya que puede cambiar las características naturales de los suelos en altos porcentajes de concentración afectando su fertilidad, estos elementos químicos pueden ocasionar alteraciones en las plantas disminuyendo su funcionalidad de generar vida dentro del ecosistema. La contaminación al medio ambiente por estos factores se genera de forma silenciosa ya que estos no son degradables ni química ni biológicamente.³³

5.4.1. Mercurio

Colombia es uno de los primeros países en Latinoamérica con mayor producción de oro y esto se debe en gran parte a la minería ilegal, el mercurio es uno de los metales pesados más usados para la extracción de minerales ocasionando que el país genere un mayor grado de contaminación en el mundo. En el año 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 final³⁴. La tabla 20 muestra los valores de referencia para mercurio en el agua, aire y alimentos.

Tabla 20: 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/L	OSHA
Alimentos	1ppm	FDA 1998

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible³⁵

³³ ROMERO Karla. Contaminación por Metales pesados. Obtenido de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013 . Cochabamba,2009. Rev Cient Cienc Méd v.12 n.1

³⁴ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Diagnostico Nacional de Salud ambiental. Obtenido de: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia. 2012. P.234

³⁵ Ibid. P234

Es de tener en cuenta que el mercurio en condiciones naturales no ocasiona algún daño al medio ambiente, a los consumidores o a los ecosistemas, la organización mundial de la salud (OMS) establece que el valor del mercurio en agua potable es de 1,0 ug/L, ta y como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21: Concentraciones de mercurio ambiental, encontrado en aguas superficiales no contaminadas

Concentraciones de mercurio ambiental (µg/L)	
< 0,5	Ríos y aguas subterráneas
0,07	Ríos y lagos
0,0003 - 0,1	Ríos
0,001- 0,01	Ríos y lagos prístinos
Otros valores de interés	
concentraciones de mercurio ambiental (µg/L)	
<0,1	Aguas lluvias
<0,1	Agua potable
<0,05	Agua de mar
<0,24	Ríos Canadienses

Fuente: Rev. Salud publica³⁶

La normativa colombiana en los artículos 38 y 39 del decreto 1594 de 1984, establece que la presencia de mercurio es de 2,0 µg/L, en las fuentes hídricas tal como se muestra en la tabla 22, en donde lamentablemente en el periodo de 2010-2013 se vieron niveles de mercurio de hasta 5 µg/L en las fuentes abastecedoras de algunas regiones del país.

³⁶ Díaz Arriaga, Farith. Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para el consumo humano. Obtenido de: Revista salud pública. USA, 2014. P.951

Tabla 22: Concentraciones admisibles de mercurio según la destinación del recurso hídrico de acuerdo a la legislación colombiana.

Variable	Concentración admisible de mercurio en fuentes hídricas destinadas para:	Valor (µg/L)
Colombia	Consumo humano y domestico	2,0
	Actividades pecuarias	10,0
	Actividades agrícolas	-
	Preservación de flora y fauna	10,0
California (EE-UU)	Protección de vida acuática	0,05
Canadá	Protección de vida acuática	0,026
		(inorgánico) 0,004 (orgánico)
Estados Unidos	Protección de vida acuática (EPA)	1,4

Fuente: *Salud publica*³⁷

La liberación del mercurio como metal pesado va directamente al ambiente por subcategorías como se expone en la tabla 23, se puede observar el alto porcentaje que se encuentra en el agua y en el suelo que puede ocasionar problemas de contaminación en las fuentes hídricas a lo largo de los ríos en los que es extraído el oro usando este químico y sino también en el recurso del suelo.

³⁷ *Ibíd.* P.952

Tabla 23: Liberaciones de Mercurio por subcategorías.

Categoría: Extracción primaria de metales	Tasa de actividad anual	Factor de entrada de Hg (kg/año)	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 especifico por sector
Producción de cobre a partir de la mena mineral	73214 Ton mena procesada/año	17	1245	62	75	0	461	0,0	647
Extracción de oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio	1270000 Ton de mena de oro usado/año	9	11430	457	229	10287	457	0,0	0,0
Producción primaria de metales ferrosos (hierro, acero)	280772 Ton de hierro producido/año	0,1	14	13	0,0	0,0	0	0,0	1
Extracción de oro mediante amalgamación con mercurio sin uso de retortas	37,2 Ton de oro producido/año	4,2	157000	94200	31400	31400	0	0,0	0
Producción de níquel a partir de la mena mineral	3600000 Ton mena procesada/año	<0,001	3,6	0	0	0	0	0,1	0

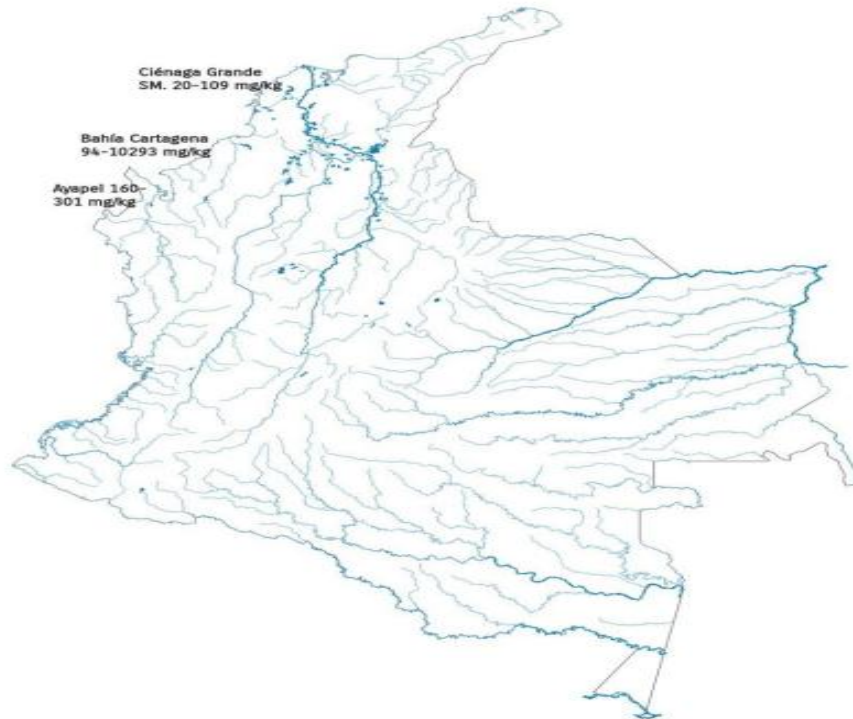
Fuente: Varela y Mateus³⁸

En cuanto a la contaminación del agua que proviene fundamentalmente por presencia de metales pesados generados por industria y por minerías cercanas a las fuentes siendo de gran problema para las diversas poblaciones que se abastecen con esas aguas contaminadas. En la imagen 3, se observa la localización

³⁸ Martínez, José Alejandro. El mercurio y la contaminación por actividad extractiva. Obtenido de: Repositorio EAN. Colombia, 2015. P. 65

de los sitios a los que se le hizo un estudio de contaminación encontrados en sedimentos los cuales fueron ciénaga grande, bahía de Cartagena y Ayapel.

Imagen 3 : Mapa de niveles de mercurio en sedimento, Colombia



Fuente: Ministerio de salud y protección social³⁹

En el año 2011 según el autor Montaño se detectaron en el 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 referencia⁴⁰, sin embargo, cuando se evaluó el tejido vegetal en el cual su sistema de riego se da por aguas con porcentaje de mercurio presentan niveles que superaban la normativa, por ejemplo en el río Cauca se han hecho una serie de monitoreo para ver el comportamiento del mercurio en las diferentes estaciones que se encuentran a lo largo de su cauce como se ve en la tabla 24, 25 y 26, donde en la estación de Yotoco los niveles de concentración de mercurio llegan a un 23.33 y un porcentaje de residuos sólidos de 3.0%, seguido por la estación de Juanchito con una concentración de 16.02 en mercurio y de

³⁹ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Diagnostico Nacional de Salud ambiental. Obtenido de: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia. 2012. P. 238

⁴⁰ *Ibíd.* P. 238

residuos sólidos 4.1% siendo estas dos estaciones las que presentan los mayores niveles de mercurio en el agua.

Tabla 24: Evaluación de mercurio (ng/ml) en aguas de río Cauca 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

Fuente: Ministerio de salud y protección social.⁴¹

Tabla 25: Análisis de mercurio total en sedimentos del río Cauca

	11/15/95		05/22/96		9/04/1996		07/30/97	
Estación de muestreo	Concentración (ng/g)	%DSR	Concentración (ng/g)	%DSR	Concentración (ng/g)	%DSR	Concentración (ng/g)	%DSR
Juanchito	107.131	0.0	338.273	9.0	341.817	1.2	7.966.562	1.6
paso del comercio	194.752	1.0	434.795	8.8	2.817.663	1.3	267.598	1.2
Puerto Isaacs	208.641	3.2	265.341	8.2	1.645.169	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	1.092.380	1.3
Media Canoa	1.095.064	0.0	584.779	4.2	650.132	0.1	910.580	2.2

Fuente: *Ministerio de salud y protección social.*⁴²

⁴¹MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Diagnostico Nacional de Salud ambiental. Obtenido de: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia. 2012. P 239

⁴²Ibíd. P. 239

Tabla 26: 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

Fuente: *Ministerio de salud y protección social*.⁴³

En cuanto a la fauna acuática y peces que viven en la presencia del mercurio en los últimos años se han hecho una serie de estudios para determinar el porcentaje de concentración en su hábitat donde se hizo un estudio principalmente en las especies con influencia en el río Magdalena y el sur de Bolívar el cual se basó en tomar muestras en el músculo de los peces para evaluar la contaminación del ecosistema y de forma indirecta a la exposición humana⁴⁴.

En la tabla 27 se presentará la concentración de mercurio en peces de Colombia expuesto por diferentes autores determinando los niveles de contaminación según su posición en cadena trófica clasificándose en los peces carnívoros que son los que presentan altos índices de presencia de mercurio y metil-mercurio en comparación a los peces omnívoros⁴⁵.

Actualmente se presentan grandes problemas por contaminación ambiental a lo largo de los cauces, por tala de árboles y por daño a la superficie terrestre en donde la falta de control ante estas actividades ilegales aumenta el riesgo de la biodiversidad con la que cuenta el país ya que poco a poco la presencia de metales pesados genera impactos ambientales negativos que no son evidentes pero pueden ocasionar consecuencias graves para la salud de los seres humanos y para el ecosistema.

⁴³ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Diagnostico Nacional de Salud ambiental. Obtenido de: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia. 2012.P.240

⁴⁴ *Ibíd.* P.241

⁴⁵ *Óp. Cit.* P. 241

Tabla 27: Concentraciones de mercurio en peces de 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 kg- 1 peso fresco	Marrugo J et al 2010
Mojana	Carnívoros	0,160- 0,301 mg/g	Marrugo J et al 2008
		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 ¥	
		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

Fuente: *Ministerio de salud y protección social*.⁴⁶

⁴⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Diagnostico Nacional de Salud ambiental. Obtenido de: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia. 2012.P.242

5.5. AFECTACIÓN A LA SALUD

Una de las problemáticas en Colombia está asociada a la morbilidad y mortalidad debido a enfermedades que se producen por contaminación de las fuentes hídricas donde la presencia de metales pesados en los últimos años ha generado afecciones en la salud de los consumidores, desencadenando una serie de enfermedades en niños, adolescentes y adultos es importante conocer el impacto causado en salud por exposición prolongada o por bioacumulación de metales pesados resulta alarmante. Dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos⁴⁷.

5.5.1. Mercurio

El mercurio es uno de los elementos químicos utilizados para la explotación minera y a pesar que en Colombia existen fuentes naturales de mercurio provenientes de actividades volcánicas, combustión y erosión de suelos donde su uso y su presencia en fuentes hídricas mayor a las naturales pueden traer consecuencias graves para la salud del ser humano.

El consumo de especies que están siendo contaminados por el mercurio en las fuentes hídricas como lo son los peces puede tener efectos ya que son depositados en el cuerpo humano en pequeñas dosis, concentrándose principalmente en el cabello y la sangre. En la tabla 28 se evidencia que los más afectados son las personas que no trabajan con este elemento.

⁴⁷ REYES Yulieth, VERGARA Ines. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Obtenido de: repositorio Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2016. P 67-73

Tabla 28: Valores de mercurio en muestras de cabello y sangre egn Colombia.

Lugar	Fuente	Niveles	Autor
Sur de Bolívar	Cabello pescadores	5,23 ± 5,78 µg/g	Olivero et al 1995
	Cabello mineros	2,83 ± 3,27 µg/g	
	Cabello persons con otra actividad	2,40± 2,02 µg/g	
Cartagena	Cabello	1,33± 0,74 µg/g	Olivero et al 2001
Guanía	Sangre mineros	59,1 µg/L	Idrovo et al 2001
	Sangre no mineros	53,5 µg/L	
	Cabello mineros	26,93 µg/L	
	Cabello no mineros	22,86 µg/L	
Caimito, Sucre	Cabello	4,91± 0,55 µg/g	Olivero et at 2002
Bahía de Cartagena			
Caño del oro	Cabello	1,5 µg/g	Olivero et al, 2008
Bocachica	Cabello	1,4 µg/g	Olivero et al, 2008
Coveñas	Cabello	1,2 µg/g	Olivero et al, 2008
Lomarena	Cabello	0,7 µg/g	Olivero et al, 2008
Tasajera	Cabello	0,7 µg/g	Olivero et al, 2008

Fuente: *Ministerio de salud y protección social*.⁴⁸

En otras consecuencias según el autor Alzate en el año 1996 puede traer al ser humano malformaciones congénitas de 0.56%, abortos 6.2% y muerte perinatal en el 3.4%.⁴⁹ 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.⁵⁰ El mercurio es una sustancia toxica que puede causar efectos en la salud dentro de los principales factores encontramos:

- Forma química del mercurio
- Dosis
- Edad de la persona expuestas, donde en los fetos es más susceptible
- Duración de la exposición

⁴⁸ P.244

⁴⁹ Álzate 1996

⁵⁰ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Diagnostico Nacional de Salud ambiental. Obtenido de: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia. 2012. P.

- Vía de exposición que se puede dar por : inhalación, ingestión y contacto dérmico
- Estado de salud de la persona expuesta

El sistema nervioso central es uno de los que más se ve afectado por el consumo de este elemento o alimentos contaminados causando: parestesias, dificultades de habla, pérdida de coordinación física, pérdida visual (ceguera) y auditiva o puede llevar hasta la muerte⁵¹. Otros síntomas conectados al consumo de este son:

- Temblores
- Cambios emocionales
- Insomnio
- Debilidad muscular
- Espasmos
- Dolor de cabeza
- Nerviosismo
- A mayor exposición daños renales y fallas respiratorias
- Irritación en la piel, dermatitis

⁵¹ MARTÍNEZ José Alejandro y URIBE Alberto, El mercurio y la contaminación por la actividad extractiva. Obtenido de: Universidad EAN
<http://journal.ean.edu.co/index.php/Revistao/article/view/1250>. Colombia, 2015. P. 55-76

5.6. FUENTES DE CONTAMINACIÓN

La contaminación por metales pesados en fuentes hídricas en Colombia está dada por la implementación de elementos químicos con fines industriales, agrícolas, ganaderos y mineros. La importancia que tiene el estudio de metales pesados en diferentes matrices es por la elevada toxicidad, la alta persistencia y rápida acumulación por los organismos vivos, sus efectos no se detectan fácilmente a corto plazo. La toxicidad de estos metales pesados es proporcional a la facilidad de ser absorbidos por los seres vivos⁵².

La extracción minera como lo es el oro, oro negro, plutónico son las que más utilizan metales pesados como el mercurio, plomo o cadmio como facilidad para su explotación y causa impactos de contaminación en los recursos hídricos sin importar los riesgos para la salud de las personas y del ambiente ya que con sus malas prácticas afectan el agua, la biodiversidad y cadenas tróficas, en el aire o en el suelo⁵³.

En el año 2013 se realizó un estudio para la presencia de metales pesados en el agua de Colombia donde se obtuvieron 169 muestreos de cadmio, 180 muestreos de cromo y plomo y 104 muestreos de mercurio según información dada por el IDEAM en el 2014. Con respecto al Hg, según se reporta los valores de concentración más altos se encuentran en el río Marmato, Nechí, Magdalena, Guachal y río Coello. Con respecto al Cd las mayores concentraciones se identificaron en río Negro, río Bogotá y río Cararé. En los ríos Marmato, Bogotá, Cauca la Pintada, Achi y Pinillos registraron las concentraciones más altas en Pb⁵⁴.

5.6.1. Mercurio

Es un elemento usado para facilitar la extracción de oro en minería y está directamente contaminando los recursos hídricos donde se encuentre el punto para la explotación generando problemas en las personas y en las especies que se benefician con el agua.

⁵² REYES Yulieth, VERGARA Ines. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Obtenido de: repositorio Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2016. P 67-73

⁵³ MARTÍNEZ José Alejandro y URIBE Alberto, El mercurio y la contaminación por la actividad extractiva. Obtenido de: Universidad EAN <http://journal.ean.edu.co/index.php/Revistao/article/view/1250>. Colombia, 2015. P. 55-76

⁵⁴ Óp. Cit. P. 67-73

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los soportes documentales obtenidos de los diferentes repositorios universitarios, artículos, bases de datos y documentos del Estado se puede concluir que la presencia de metales pesados en fuentes hídricas se da por el uso indebido en actividades mineras, industriales o agrícolas, en este caso que se estudió la presencia del mercurio en el agua lo cual genera un alto impacto en el medio ambiente, alteración en las especies y problemas de salud por el consumo de aguas contaminadas con este químico, con lo que se evidencia que la extracción de oro sin ningún tipo de regulación ambiental trae consecuencias negativas no solo para el medio ambiente, sino también para la salud humana.

Así mismo, el incremento de zonas de explotación debido a la presencia de los grupos armados en época hoy replegados por la firma de la Paz, generando una problemática social, económica y ambiental de nuestro país, aun existiendo otros materiales para facilitar la extracción, que no están siendo ampliamente utilizados y son menos tóxicos por ejemplo el bórax, cianuro y sulfato entre otros, están siendo poco a poco adaptados por mineros en algunas áreas del país; sin embargo, es importante anotar que para muchos mineros estas soluciones pueden ser menos eficientes y/o muchos mineros no tienen conocimiento de su existencia.

En la revisión documental se ve evidenciado que los principales departamentos que aportan un alto porcentaje de contaminación al medio ambiente y fuentes hídricas son: Antioquia, Chocó, Cauca y Bolívar, alcanzando un 187,0 toneladas de mercurio utilizado para la amalgamación de oro en el año 2013. En donde aquellos municipios afectados por el mal manejo del mercurio deberían contar con un mayor control por las entidades nacionales con el fin de determinar si en cada uno de las ubicaciones auríferas sobre pasa los valores naturales o de ley de mercurio en sus fuentes hídricas, y mitigar la problemática que genera este metal a la población en alto porcentaje, causando enfermedades por consumo de agua o alimentos contaminados. Esta situación en cada uno de los municipios afectados deja en evidencia la ignorancia, falta de capacitación y normatividad a la hora de la explotación minera.

Es difícil abordar todos los factores que rodean el proceso de extracción minera en Colombia, no solo por la situación socio-económica y política del país, o el proceso histórico de la minería. Pues con el incremento de áreas de explotación se disminuyen los dividendos para los mineros de pequeña escala, se incrementa el

uso de mercurio, y se deforestan más áreas para la exploración y explotación de minas. Aunque no hay por ahora una solución que abarque todas estas variables y haga posible una explotación sostenible, donde se tengan en cuenta las pautas ambientales, pero también de salud, y además beneficiosa para la población minera colombiana. Es importante entender que la problemática detrás de la minería es más compleja de lo que se piensa y que cada factor está interrelacionado desencadenando efectos negativos para los consumidores y para el hábitat.

7. BIBLIOGRAFIA

- ♦ ÁLZATE, 1996.
- ♦ Asamblea Departamental del Chocó. Plan de desarrollo departamental. Obtenido de: Asamblea departamental del Choco.
- ♦ Corte Constitucional. Constitucion Politica de Colombia. Obtenido de: Corte Constitucional.Colombia, 1991. Art. 49.
- ♦ Departamento Nacional de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo Colombia, 2014-2018. Obtenido de: Departamento Nacional de Planeación
- ♦ DÍAZ Arriaga, Farith. Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para el consumo humano. Obtenido de: Revista salud pública.
- ♦ DUFFUS John H. "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report)" Pure and Applied Chemistry. Obtenido de: <https://www.iupac.org/publications/pac/2002/pdf/7405x0793.pdf>.
- ♦ LONDOÑO Luis, LONDOÑO Paula, Muñoz Fabian. Los riesgos de los metals pesados en la salud humana y Animal. Biotecnologia en el sector agropecuario y agroindustrial, Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>.
- ♦ MARTÍNEZ José Alejandro y URIBE Alberto, El mercurio y la contaminación por la actividad extractiva. Obtenido de: Universidad EAN <http://journal.ean.edu.co/index.php/Revistao/article/view/1250>.
- ♦ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Diagnostico Nacional de Salud ambiental. Obtenido de: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.
- ♦ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo I.
- ♦ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo II
- ♦ MINMINAS. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo III.
- ♦ Organización Mundial de la Salud. Temas de Salud. Obtenido de: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/.
- ♦ REYES Yulieth, VERGARA Ines. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Obtenido de: repositorio Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- ♦ ROMERO Karla. Contaminación por Metales pesados. Obtenido de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013