

**ESPACIALIZACIÓN DE LA DINÁMICA DE LAS
SUSTANCIAS QUÍMICAS CORRELACIONADAS CON EL
FENÓMENO DE ESTUDIO
(CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA Y USO DE SUSTANCIAS
QUÍMICAS MERCURIO Y CIANURO (DE SODIO Y POTASIO))
EN LA EXTRACCIÓN DE ORO EN EL TERRITORIO
NACIONAL**

2016

Contenido

1. Introducción	4
2. Alcance	7
3. Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
4. Usos de sustancias químicas en la minería del oro	8
4.1 Utilización de sales de cianuro en la minería del oro	9
4.2 Generalidades del cianuro	9
4.3 Procesos de utilización del cianuro	10
4.4 Impacto ambiental del cianuro utilizado en minería	11
4.4. Impacto en la salud del cianuro utilizado en minería	12
5. El mercurio en la minería de oro	13
5.1. Generalidades del Mercurio	13
6. Métodos de utilización del mercurio en minería de oro de aluvión	15
6.1. Amalgamación	15
6.2. Concentración gravimétrica	20
6.3. Concentración en Batea	20
6.4. Canalón	20
6.5. Mesas de Golpe	21
6.6. Concentrador Centrifugado	21
6.7. Principales pérdidas de mercurio en los procesos	22
7. Toxicidad del mercurio	24
7.1. Impacto ambiental del mercurio usado en minería del oro	26
7.2. Casos de contaminación ambiental por metilmercurio	30
7.3. Efectos en el cuerpo humano	31
8. Control internacional del mercurio	33
9. El mercurio en la minería del oro en Colombia	36
9.1. Estimación de mercurio utilizado en la explotación del oro en Colombia	37
9.2 Estudios y proyectos sobre mercurio en Colombia	42
9.3 Espacialización de información disponible del uso de mercurio en Colombia	80

1. Introducción

La explotación aurífera en Colombia, tanto a cielo abierto como de forma subterránea, ya sea legal o ilegal, se ha desarrollado en ecosistemas sensibles, estratégicos y críticos, los cuales han sufrido considerables impactos en razón a las actividades propias de esta actividad, relacionadas con la eliminación de la cobertura vegetal nativa, la remoción de grandes cantidades de suelo, la intervención sobre los caudales hídricos a través de la extracción de suelo en los lechos de los ríos y quebradas mediante dragado indiscriminado, así como a la utilización de ingentes cantidades de sustancias químicas, especialmente el mercurio metálico y las sales de cianuro.

Es precisamente el uso de sustancias químicas como el mercurio metálico o sales de cianuro (principalmente cianuro de sodio y cianuro de calcio) uno de los principales problemas que ha generado esta práctica; estas sustancias químicas, si bien son importantes para los procesos de extracción de oro, originan un fuerte impacto negativo en los ecosistemas, sobre las fuentes hídricas, en la calidad del aire, así como en la fauna y en la salud del ser humano, no solo de quien las utiliza directamente en la extracción del mineral, sino que en mayor o menor grado afectan a todas las comunidades cercanas a los centros de actividad minera o de explotación artesanal, pues tienen la características de exportarse sobre todo el ecosistema, ya sea a través del aire (cuando se evaporan) o transportarse por las corrientes hídricas.

El auge de la explotación del oro se ha concentrado en los últimos años en algunas zonas estratégicas del país. La siguiente tabla muestra los principales departamentos donde se lleva a cabo esta actividad.

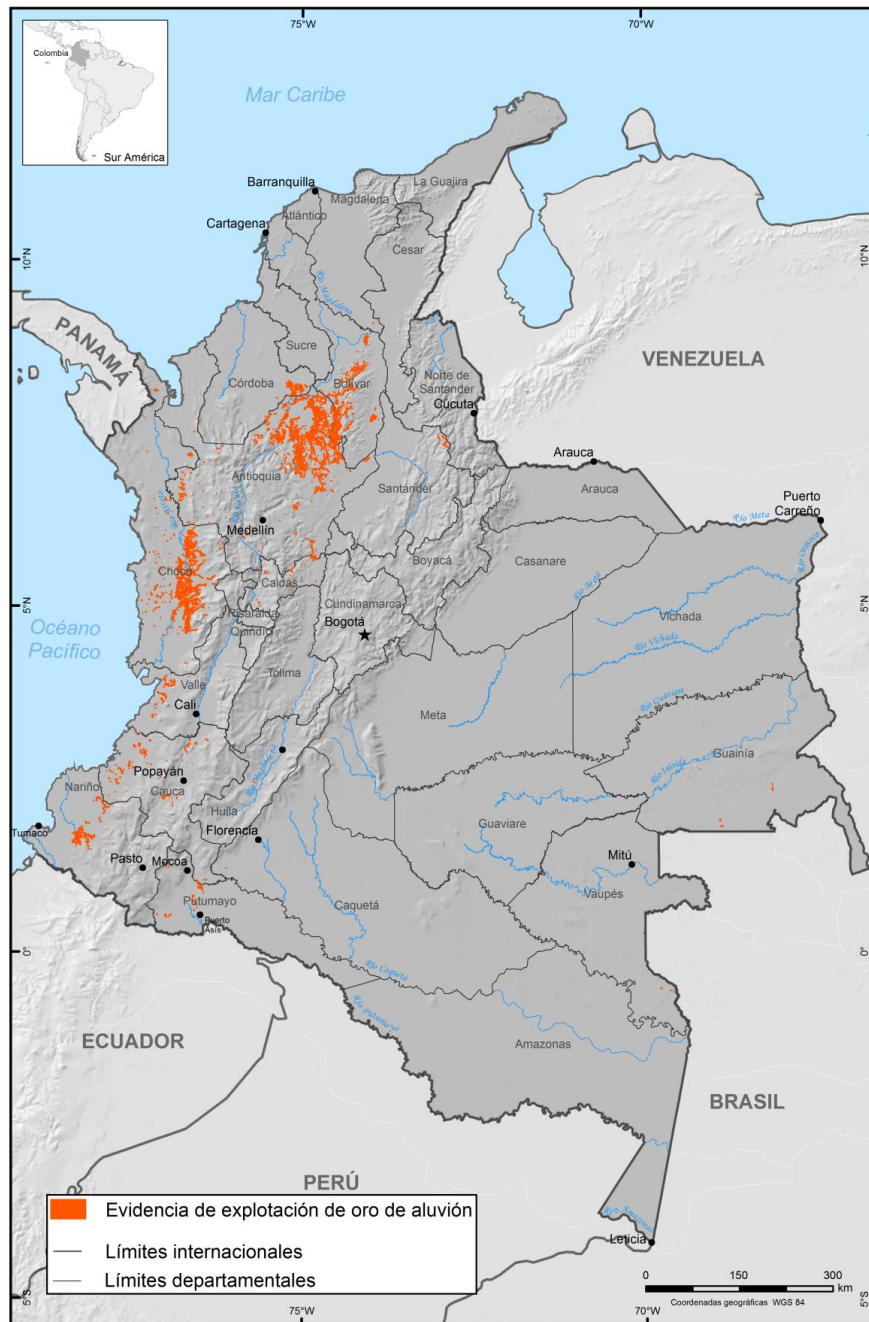
Departamento	Participación Nacional (%)
Antioquia	50.76%
Chocó	22.99%
Bolívar	8.59%
Córdoba	6.90%
Caldas	3.34%
Cauca	3.07%
Nariño	1.78%
Valle del Cauca	0.80%

Tabla 1. Producción acumulada de extracción de oro por departamentos entre 2001 y 2013

Fuente: Minercol (2001 –2003), Ingeominas (2004 – 2010), ANM (2011 –2013)

En el siguiente mapa se observa la presencia de la minería a cielo abierto en los departamentos mencionados con anterioridad, que muestra la mayor densidad de Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) en Antioquia, Chocó, Bolívar, lo que coincide con la mayor producción de oro en Colombia.

Evidencia de explotación de oro de aluvión, 2014



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo Apoyado por UNODC
Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas

Mapa 1. Evidencia física de minería a cielo abierto, 2014

Fuente: Gobierno de Colombia – Sistema de monitoreo apoyado por UNODC, 2015.

Es importante mencionar que en el territorio se reportan los dos tipos de explotación por yacimientos: filón y aluvión. En la siguiente tabla se puede observar el porcentaje de producción de oro de filón y de aluvión en los departamentos antes mencionados.

Departamento	Producción de oro de filón (%)	Producción de oro de aluvión (%)
Antioquia	27	73
Chocó	0	100
Bolívar	52	48
Córdoba	0	100
Caldas	98	2
Cauca	47	53
Nariño	21	79
Valle del Cauca	63	37

Tabla 2. Porcentaje de producción de oro de filón y aluvión en los principales departamentos de producción

Fuente: Sinopsis Nacional de la Minería Artesanal y a Pequeña Escala

La autoridad minera colombiana define la minería legal como aquella que está respaldada por un título minero. Título se define como el acto administrativo mediante el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo minero s de propiedad nacional y que debe estar inscrito en el Registro Minero Nacional. Igualmente establece que es ilegal aquella minería desarrollada sin título minero, incluyendo dentro de esta definición la minería desarrollada de manera artesanal e informal, que se desarrolla al margen de la ley¹.

Es importante señalar que el mercurio es un elemento químico que permite agilizar los procesos de extracción del oro en la forma que se presenta en la naturaleza. El mercurio es usado en el proceso de extracción del oro debido a que se mezcla con el material explotado o procesado; “cuando éste entra en contacto con el oro libre, lo atrapa formando una aleación de oro y mercurio, lo que se conoce como amalgama, para después poder generar el proceso de separación del metal.”²

Es por este importante uso del mercurio en el proceso de extracción del oro, que esta sustancia química se ha convertido en un elemento fundamental en el desarrollo de esta actividad minera. Antes de mencionar las principales formas de uso del mercurio en las distintas modalidades de minería de oro, es importante mencionar algunos datos claves. Por una parte, entre 2007 y 2013 Colombia importó 776.527 kg de mercurio, provenientes principalmente de países como Alemania, Argentina, México, España, el cual no solo es utilizado en minería sino que también tiene aplicaciones en diversas actividades industriales que incluye entre otras la fabricación de interruptores eléctricos, la fabricación de elementos de medición (termómetros,

¹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Banco Mundial. La minería de oro en Colombia, Caracterización económica y social de la actividad legal y no legalizada. 2011, p 4.

² UPME, Producción más limpia en la minería del oro en Colombia mercurio, cianuro y otras sustancias. Bogotá, 2007. p. 7.

barómetros y termostatos), en la manufactura de lámparas de vapor de mercurio, en amalgamas dentales y en electroquímica.

Los municipios demandantes de mercurio con fines de explotación minera se encuentran ubicados en orden en los siguientes departamentos: Antioquia, Bolívar, Cauca, Nariño, Chocó, Córdoba y Risaralda³, información que coincide con los datos de producción de oro a escala municipal, que reporta a El Bagre, Segovia, Tarazá, Remedios, Caucasia, Cáceres y Maceo en el departamento de Antioquia y a Nóvita e Itmina en Chocó, con los mayores productores del metal precioso entre 2005 y 2014⁴.

En los municipios mencionados con anterioridad se concentra, de igual forma, la mayor Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) en 2014, siendo Chocó y Antioquia, en su orden los departamentos en donde se presentan las mayores áreas afectadas por este fenómeno.

2. Alcance

En el presente estudio se lleva a cabo la caracterización de la dinámica del mercurio en las actividades de extracción de oro de aluvión para el territorio nacional, por medio del análisis de las bases de datos relacionadas con la introducción de estas sustancias químicas en los procesos de importación, así como a través del análisis de la información relacionada con su utilización en los procesos artesanales. No se realizó la caracterización de las sales de cianuro en la medida que se comprueba que en el país estas sustancias no se utilizan en la minería de oro de aluvión.

3. Objetivos

Objetivo General

Establecer la dinámica del mercurio y el cianuro (de sodio y de potasio) en los procesos extracción de oro en Colombia para encontrar variables que permitan espacializar el fenómeno en el territorio nacional.

Objetivos Específicos

1. Analizar la dinámica del comercio internacional del mercurio que ingresa a Colombia mediante el análisis de las bases de datos de importación: países de origen, países de venta, países de procedencia.
2. Caracterizar la dinámica del uso del mercurio y el cianuro (de sodio y de potasio) en los procesos extracción de oro, determinando los principales mecanismos de disposición final.
3. Geoespacializar la información recabada que contenga los atributos necesarios para su tratamiento en herramientas SIG y compararla con las Evidencias de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) en el territorio colombiano

³ UPME, Estudio de La cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro. Bogotá, 2014, p. 214.

⁴Sistema de Información minero Colombiano (SIMCO).

http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=116&grupo=356. Consultado Abril de 2016.

4. Usos de sustancias químicas en la minería del oro

Existe un consenso general en que la minería es una de las actividades humanas que mayores impactos negativos generan sobre el medioambiente y la salud de la población. En este sentido, la minería del oro, especialmente la que se realiza a cielo abierto en cualquiera de sus modalidades, ejerce considerable presión sobre los ecosistemas, y sobre las comunidades como parte fundamental de los mismos, especialmente en razón a la utilización de ingentes cantidades de sustancias químicas que presentan connotaciones importantes frente a su potencial toxicidad, a la capacidad de contaminar o alterar cursos de aguas, formar grandes lagunas y montañas del material desechado.

Dentro de las sustancias químicas que invariablemente se utilizan en los procesos de explotación del oro se encuentran las siguientes:

- Sales de Cianuro: procesos de lixiviación
- Mercurio metálico: procesos de amalgamación
- Ácido nítrico: se utiliza para recuperar el oro contenido en la amalgama debido a su capacidad de disolver el oro y el platino, el cual descompone el mercurio produciendo una precipitación
- Ácido sulfúrico y disolventes: para separar los minerales de la mena.
- Nitrato de amonio y Aceite Combustible Para Motor –Diesel, (ANFO): utilizados para la voladura de túneles.
- Combustibles: Gasolina, diesel para motores, bombas de extracción, vehículos y equipo mecanizado en general.

Todas las sustancias químicas utilizadas generan, en mayor o menor grado, considerables impactos negativos sobre los ecosistemas donde se lleva a cabo los procesos de extracción, siendo más evidentes los daños cuando el uso de las mismas se realiza sin considerar XXXXXX.

Para el caso de la minería del oro a cielo abierto las sustancias químicas que con mayor frecuencia se utilizan de manera directa en los procesos de inrecuperación del metal son el mercurio metálico y las sales de cianuro, especialmente el cianuro de sodio (NaCN) y el cianuro de calcio $\text{Ca}(\text{CN})_2$. A

Esta demostrado que la utilización de cualquiera de las dos clases de sustancias químicas (mercurio o cianuro) juegan un papel importante en la rentabilidad del proceso de explotación aurífera, siendo esta, talvez, la principal razón para su empleo a gran escala, tanto en la minería industrial como en la explotación artesanal.

Llevar a cabo un balance que permita determinar cuál de las dos sustancias generaría mayores impactos negativos sobre los ecosistemas, la salud de las comunidades y de los mineros que las utilizan en los procesos de explotación, no es una tarea fácil. Está demostrado que cuando una sustancia química, independientemente de su toxicidad, se utiliza bajo los parámetros técnicos y cuidados establecidos en los protocolos especializados, los riesgos se minimizan considerablemente. Así las cosas, se puede concluir que tanto el mercurio como las sales de cianuro, son sustancias considerablemente dañinas a los ecosistemas, si su utilización se realiza bajo condiciones que no cumplen con las exigencias establecidas en las normas y protocolos diseñados para asegurar su buen uso.

4.1 Utilización de sales de cianuro en la minería del oro

El cianuro es el término químico utilizado para designar a las sustancias que contienen el Grupo Ciano, caracterizado por la unión del carbono con el nitrógeno mediante un triple enlace (CN). El cianuro y sus sales se utilizan en la industria en general en infinidad de procesos químicos que van desde la química fina, pasando por la química farmacéutica e industria alimenticia hasta la gran minería. Muchos productos de uso cotidiano se fabrican utilizando este compuesto, como es el caso de plásticos, nylon, productos para fotografía, xxx

4.2. Generalidades del cianuro

El cianuro es una sustancia química, puede ser un gas incoloro, muy tóxico -potencialmente letal- y corrosivo, que se descompone en contacto con agua. Se conocen varias formas: cianuro de hidrógeno (HCN), el cloruro de cianógeno (ClCN), en forma de cristales como el cianuro de sodio (NaCN) o el cianuro de potasio (KCN). Estas sales son sólidos blancos que en ambientes húmedos exhiben un olor amargo a almendra. El cianuro de potasio (KCN) es soluble, tiene una densidad relativa 1,52, su punto de fusión es de 653 °C y su peso molecular es 65,15

La propiedad química que tiene el cianuro para combinarse con metales como el hierro, plata, oro, zinc, cadmio o mercurio, entre otros, es la que determina su utilización en la minería a gran escala.

Las sales de cianuro (especialmente cianuro de sodio y cianuro de calcio) se utilizan de manera intensiva, en soluciones acuosas de baja concentración (0.001% a 0,005%), para recuperar el oro del material removido. La utilización de estas sustancias se realiza especialmente en las grandes explotaciones auríferas (extracción industrial), las cuales, por lo general, cuentan con mecanismos que les permiten minimizar los impactos ambientales que pudiera llegar a ocasionar el uso de estas sustancias, que se caracterizan por su alto grado de toxicidad.

En Colombia no se encuentra referenciada la utilización de sales de cianuro en la explotación artesanal de oro, donde invariablemente se utiliza el mercurio metálico, debido a la facilidad de su aplicación para recuperar el metal, a la aparente inocuidad atribuida por quienes lo utilizan (especialmente si se compara con el cianuro⁶), a su disponibilidad y a la facilidad de su consecución y relativamente bajo precio.

El cianuro es fabricado y distribuido para su uso en las industrias de extracción de oro en una variedad de formas físicas y químicas, incluyendo briquetas sólidas de cianuro en escamas, y cianuro líquido⁷. La concentración del cianuro en estas presentaciones varía, siendo mayor en las briquetas (hasta 98%), mientras que en las soluciones de cianuro de sodio y de calcio, entre 50% y 15%, respectivamente.

⁵ Producción más limpia en la minería del oro en Colombia mercurio, cianuro y otras sustancias; Ministerio de Minas y Energía., Unidad de planeación Minero Energética –UPME. 2007

⁶ Un pequeño grano de cianuro es suficiente para matar a una persona.

⁷ Consultado en: <http://www.miningfacts.org/environment/what-is-the-role-of-cyanide-in-mining/#sthash.7M9xLrTE.dpuf>

En la extracción del oro del material que lo contiene el cianuro se utiliza debido a su capacidad para disolver el metal, el cual posteriormente es separado y aislado mediante métodos químicos relativamente sencillos, en los que se utilizan otros metales como el zinc, o en su defecto el carbón activado.

El proceso para la extracción del oro mediante el uso de sales de cianuro no es nuevo, pues fue desarrollado a finales del siglo XIX en Escocia⁸, de donde fue exportado a prácticamente todas las regiones del mundo en las que se llevan a cabo explotaciones del mineral a gran escala, debido especialmente a que su uso se considera más seguro que el del mercurio metálico, es más eficiente y facilita la extracción en lugares donde el porcentaje de oro es bastante limitado. Desde la década de los 70's la utilización del cianuro para la recuperación del oro se ha masificado en todo el mundo, especialmente en la minería a gran escala.

4.3 Procesos de utilización del cianuro

Técnicamente el proceso de utilización de las sales de cianuro para la extracción del oro recibe el nombre de Lixiviación, el cual se realiza de dos formas: Tina de lixiviación, donde el mineral extraído (tierra que contiene el mineral) se combina con cianuro en tanques; el segundo método consiste en excavar fosas enormes a donde llegan las aguas (que contienen el cianuro) que han sido utilizadas para extraer el oro de grandes cantidades de material (suelo) extraído, finamente triturado y apilado en "montañas" que son lavadas con agua cianurada (al 0.005% aproximadamente). El cianuro disuelve el oro para convertirlo en una sustancia denominada aurocinida de sodio, mediante la siguiente reacción química (Ecuación de Elsner):



Posteriormente el agua que contiene el oro disuelto en la sal de cianuro (aurocinida de oro) es llevada mediante bombeo a tanques donde se lleva a cabo la extracción del mineral mediante reacciones químicas en las que se utiliza el zinc y el carbón mineral.

La lixiviación del oro con cianuro es la tecnología de extracción más utilizada desde la década de 1970, aunque a pequeña escala y los mineros artesanales siguen utilizando el mercurio en algunas zonas del mundo. En Canadá, más del 90% de oro extraído se extrae a partir de mineral usando cianuro².

Cualquiera de los dos métodos en los que se utilizan las sales de cianuro para extraer el oro demanda altos estándares de seguridad en el manejo de las sustancias químicas, pues debido a su considerable toxicidad las posibilidades de generar impactos negativos sobre los ecosistemas son siempre una constante, razón por la cual muchos países del mundo han prohibido el uso del cianuro en la explotación del oro⁹.

De acuerdo con OCMAL, citado por la Organización Pacífico Colombia¹⁰, "en un solo día de explotación una mina de oro mediana procesa 25 mil toneladas de rocas, produce 25 kilos de oro, 50 mil toneladas de desechos, consume 35 millones 500 mil litros de agua y 4 toneladas de cianuro que va para el medio ambiente, a las fuentes de agua. La lixiviación por cianuro y la explotación de minas a cielo abierto, son técnicas de bajo costo que permiten procesar de manera económica, rocas que contienen oro en muy bajas

⁸ Eisler, R. and S.N. Wiemeyer. Cyanide Hazards to Plants and Animals from Gold Mining and Related Water Issues. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 2004.

⁹ Entre los países que prohíben el uso de cianuro, en todo su territorio o en parte, para la minería se encuentran: Alemania, Argentina, Australia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, Filipinas, República Checa y Turquía.

¹⁰ OCMAL; Observatorio de conflictos mineros en América Latina., Consultado en: <http://www.pacificocolombia.org/videos/campana-contra-el-uso-de-cianuro-en-la-mineria/42>

concentraciones. En el mundo se han extraído en total 166 mil toneladas de oro. Lo que queda en la naturaleza se calcula en 100 mil toneladas. Para extraerlo al ritmo actual, las multinacionales tardarían 40 años y emplearían alrededor de 15 millones de toneladas de cianuro. En el mundo, sólo el 10% de la producción total del oro se usa para la industria electrónica y dental. El resto es para la joyería e inversiones”.

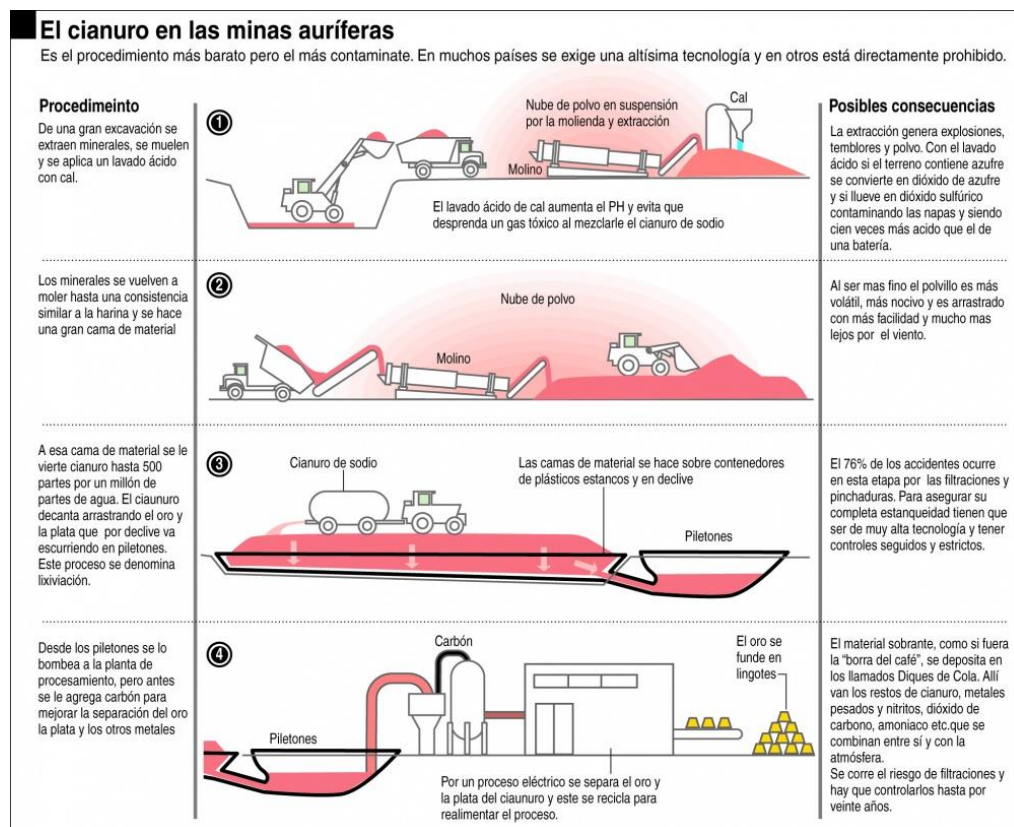


Figura 1. Cianuro en la producción de oro

Es prácticamente inexistente la información relacionada con la utilización del cianuro para la extracción artesanal del oro en Colombia, pues de acuerdo con la evidencias al parecer solamente se utiliza el mercurio, mientras que si existen reportes de la utilización del cianuro por parte de grandes empresas mineras.

4.4. Impacto ambiental del cianuro utilizado en minería

Irónicamente cuando se piensa que con el uso del cianuro se eliminan los problemas relacionados con la contaminación por mercurio, la realidad demuestra lo contrario, pues en muchos yacimientos de donde se extrae el oro a menudo están compuestos de minerales que contienen azufre, selenio y telurio a los cuales está asociado el mercurio, por lo que el cianuro los disuelve en forma simultánea durante la extracción de oro.

Así las cosas, cuando las sales de cianuro son utilizadas en la extracción del oro, se intensifica la movilidad del mercurio dando como resultado el aumento de las concentraciones en las aguas subterráneas.¹¹

El cianuro es una sustancia altamente tóxica aún en pequeñas cantidades; una partícula de cianuro del tamaño de un grano de arroz es suficiente para matar a una persona. En razón a la toxicidad del cianuro los procesos de lixiviación son bastante cuestionados, pues pueden llegar a generar serios impactos al medio ambiente. A corto plazo los impactos están relacionados especialmente con los accidentes que con frecuencia se suceden durante los procesos de transporte, almacenamiento y utilización de la sustancia, la mayoría relacionados con derrames y fugas (muchas veces imperceptibles) hacia las fuentes de agua; a largo plazo los impactos están relacionados con la inadecuada disposición final de desechos contaminados, lo que por lo general determina movilidad de metales pesados hacia aguas subterráneas¹².

Los efectos generados sobre los ecosistemas debidos a los riesgos químicos están relacionados con: i) la permanencia del cianuro y de los subproductos de su descomposición, los cuales continúan generando efectos negativos durante bastante tiempo, y ii) la generación de drenaje ácido relacionado con la oxidación de los sulfuros contenidos en las rocas expuestas al aire, los cuales producen ácido sulfúrico. Este ácido también libera metales pesados como el cadmio, el plomo y el mercurio, que son perjudiciales para las personas y los peces, incluso a bajas concentraciones¹.

4.4. Impacto en la salud del cianuro utilizado en minería

Las vías de ingreso del cianuro al organismo pueden ser la respiratoria (por ej. gases de ácido cianídrico utilizados en las cámaras de gases para ejecuciones), la dérmica, la conjuntival y la digestiva. La toxicidad aguda para el hombre está establecida entre 150 y 300 mg de cianuro de sodio (NaCN), siendo significativa en 50 mg; para el ácido cianídrico la dosis letal establecida es de 10-100 mg, siendo significativa entre 20 y 40 mg.

Los síntomas de intoxicación aguda son: dolor de cabeza, irritación de mucosas, ardor en la boca y faringe, mareo, confusión, ansiedad, náuseas, vómitos y convulsiones. También puede producir taquicardia, tensión en el pecho, edema pulmonar, alternancia de respiración rápida con lenta. Coloración de la piel roja o rosa brillante. El cianuro también genera efectos negativos sobre el sistema endocrino relacionados con el agrandamiento de la glándula tiroides y disfunción en el metabolismo de la vitamina B12.

La exposición a niveles altos de cianuro daña el cerebro y el corazón, y puede causar el coma y la muerte. La exposición a bajos niveles puede causar problemas respiratorios, dolores cardíacos, vómitos, cambios en la sangre, dolores de cabeza y el aumento del tamaño de la glándula tiroides.

¹¹ Mercurio, cianuro, minería y contaminación. Consultado en:

http://www.rapaluruquay.org/agrotoxicos/COPs/Prensa/Mercurio_cianuro_mineria_contaminacion.pdf

¹² Se han reportado innumerables accidentes relacionados con el uso del cianuro, entre los que se destacan los siguientes: Mina de oro de Summitville, Colorado, EE.UU. (1992); • Mina de oro Brewer, Carolina del Sur, EE.UU. (1992); • Mina Harmony, Sud África (1994); • Mina de oro Omai, Guyana (1995); • Mina Comsur, Bolivia (1996); • Mina de oro Gold Quarry, Nevada, EE.UU. (1997); • Mina de zinc Los Frailes, España (1998); • Mina Homestake, Dakota del Sur, EE.UU. (1998); • Minera Santa Rosa, El Corozal, Panamá (1998); • Mina de oro Tulukuma, Papúa Nueva Guinea (2000); • Mina de oro Aurul Bahía Mare, Rumania (2000); y • Mina Angela, Chubut, Argentina (2001). Consultado en: <http://www.rapaluruquay.org/coord@rapaluruquay.org> 099613193 Montevideo – Uruguay

De acuerdo con la UPME¹³, “con la cianuración o lixiviación utilizada sin ningún control, las personas pueden exponerse al cianuro. Respirar el gas de este elemento es lo que causa mayor daño; ingerirlo también es tóxico produciendo calambres abdominales, diarrea, vómitos, dolor de cabeza, jadeo, dolor de garganta, pérdida del conocimiento, debilidad, convulsiones y evita que las células del cuerpo reciban oxígeno; generalmente tiene efectos sobre el sistema nervioso central y puede causar la muerte. El contacto con la tierra que contiene cianuro puede producir quemaduras cutáneas. El envenenamiento causado por cianuro depende de la cantidad y el tiempo que esté expuesta la persona”. No se ha comprobado que el cianuro cause cáncer, como tampoco genera los procesos de bioacumulación o biomagnificación en la cadena trófica, propios del mercurio, pues no persiste en el ambiente, ya que se descompone de forma natural¹³.

El cianuro es altamente tóxico para las especies acuáticas, especialmente para los peces los cuales son cientos de veces más sensibles a esta sustancia que el hombre¹⁴

5. El mercurio en la minería de oro

5.1. Generalidades del Mercurio

El mercurio es un elemento químico que se encuentra en la naturaleza, no puede ser creado por el hombre ni puede ser destruido; es liberado al medio ambiente por las erupciones volcánicas. Existe de manera natural en la corteza terrestre, a menudo en forma de sales de mercurio, como el sulfuro de mercurio. Está presente en muy pequeñas cantidades en los suelos no contaminados, a una concentración promedio de alrededor de 100 partes por mil millones (ppmm). Las rocas pueden contener mercurio en concentraciones de entre 10 y 20.000 ppmm. En el desarrollo de diferentes actividades humanas, se remueve el mercurio de la corteza terrestre, lo cual conduce a que el mercurio sea liberado en el medio ambiente en general.¹⁵

El mercurio se encuentra en la naturaleza en la corteza terrestre aproximadamente en una concentración de 0,005 mg/kg, y en los minerales que lo contienen (aproximadamente 25), el que principalmente se explota para su obtención corresponde al cinabrio (HgS)¹⁶.

Elemento químico cuyo símbolo es Hg (abreviatura viene de la palabra griega hydrargyrum que significa plata líquida), su número atómico es 80 y tiene un peso atómico de 200.59 g/mol. Es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente; su punto de fusión es -38.4°C o -37.46°F y el de ebullición 357°C (675.05°F) a presión atmosférica.

Es un metal noble, soluble únicamente en soluciones oxidantes. Forma soluciones llamadas amalgamas con algunos metales como el oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio, razón por la cual es utilizado frecuentemente en la minería del oro y platino. El mercurio es el único metal que se presenta en estado líquido a presión y temperatura ambiente. Posee una gravedad específica de 13.6 g/cm³, tiene un

¹³ Las condiciones de descomposición son específicas por lo que no se debe asumir que el proceso siempre se da en la naturaleza.

¹⁴ UNEP/OCHA. The Cyanide Spill at Baia Mare, Romania: Before, During and After. P. Csagoly, Editor. 2000. The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe.

¹⁵ Jesús Olivero Verbel, Boris Restrepo. El lado gris de la Minería de Oro en Colombia. Universidad de Cartagena Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. 2002

¹⁶ Unidad de Planeación Minero Energética, Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia. Producción más Limpia del oro en Colombia. Mercurio Cianuro y otras sustancias. 2007

punto de ebullición de 357 °C, su presión de vapor es de 2×10^{-3} mm de Hg a 25 °C, lo cual produce vapores corrosivos y tóxicos y más pesados que el aire cuando se calienta por encima de 40 °C.

Se puede obtener mercurio elemental para uso humano a partir de un mineral llamado cinabrio, que contiene altas concentraciones de sulfuro de mercurio. También puede producirse mercurio elemental como un subproducto de la minería y refinación de metales como cobre, oro, plomo y zinc. El mercurio también puede recuperarse mediante operaciones de reciclaje y a veces se obtiene del gas natural o de otros combustibles fósiles.

Debido a que el mercurio elemental tiene alta tensión superficial, forma gotas pequeñas, compactas y esféricas cuando es liberado en el medio ambiente. Aunque las gotas son estables, la alta presión del vapor de mercurio, comparado con otros metales, hace que el mercurio se evapore. En lugares cerrados el mercurio puede constituir un riesgo por inhalación. Al aire libre el mercurio elemental se evapora y entra en la atmósfera.

El mercurio se presenta en las cadenas tróficas en dos grupos de especies químicas, inorgánicas y orgánicas, con características toxicológicas diferentes. Las especies inorgánicas dentro de las cadenas tróficas, están constituidas por el propio Hg metal, el óxido de mercurio HgO y dos especies iónicas, el catión mercúrico Hg^{2+} y el mercurioso Hg_2^{2+} ; mientras que las especies orgánicas son habitualmente tres: el dimetilmercurio $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, el metilmercurio CH_3Hg^+ y el fenilmercurio $\text{C}_6\text{H}_5\text{Hg}^+$.

El mercurio puede ser encontrado en diferentes formas químicas siendo las más representativas el mercurio elemental o metálico, los compuestos inorgánicos de mercurio y los compuestos orgánicos de mercurio. El mercurio elemental o metálico es un metal blanco plateado brillante que se presenta en forma líquida cuando está a la temperatura ambiente.

El mercurio metálico se usa en interruptores eléctricos como material líquido de contacto, como fluido de trabajo en bombas de difusión en técnicas de vacío, en la fabricación de rectificadores de vapor de mercurio, termómetros, barómetros, tacómetros y termostatos y en la manufactura de lámparas de vapor de mercurio. Se utiliza en amalgamas de plata para empastes de dientes. Los electrodos normales de calomel son importantes en electroquímica; se usan como electrodos de referencia en la medición de potenciales y en titulaciones potenciométricas.

Entre los productos comerciales que tradicionalmente contienen mercurio se destacan los siguientes:

Baterías: Fabricantes de todo el mundo utilizan mercurio en pilas para evitar la acumulación de gases internos que pueden hacer que la batería explote y presente fugas.

Bombillas fluorescentes compactas. Estas bombillas ayudan a ahorrar dinero al utilizar menos energía y al presentar una duración mayor que las comunes.

Termómetros de mercurio. En los termómetros el mercurio se deposita en un tubo de vidrio al que se le graba una escala de temperatura estándar; con los cambios en la temperatura, el mercurio se expande o se contrae permitiendo leer en la escala. Debido a la toxicidad del mercurio este tipo de termómetros se encuentra en desuso, siendo que muchos países ya los han prohibido.

Amalgamas en rellenos dentales. La amalgama dental es un material de color plateado que se utiliza para restaurar los dientes con caries. La amalgama dental está hecha con partes iguales de mercurio líquido y otros metales (plata estaño, cobre, zinc y otros); al igual que los termómetros, su utilización es cada vez menor, en razón a los procesos de envejecimiento que pueden generar con el tiempo. Actualmente su utilización en este campo se ha cambiado por el uso de resinas poliméricas.

Vacunas de timerosal. El timerosal es un compuesto orgánico que contiene mercurio (un organomercurial). Desde 1930 ha sido ampliamente utilizado como conservante en productos biológicos y medicamentos, incluyendo vacunas ayudan a prevenir la contaminación con microbios nocivos. En los últimos años, debido a una mayor conciencia de la toxicidad del mercurio y al aumento del número de vacunas que contienen timerosal, ha conllevado a que se reduzca gradualmente el uso de esta sustancia química.

Partes de automóviles. Los coches fabricados antes del 2003 pueden contener interruptores de mercurio. Estos interruptores son dispositivos que pueden abrir o cerrar circuitos eléctricos útiles en las funcionalidades de los vehículos. El principal problema de estos aditamentos es su disposición final cuando partes del vehículo son desechados.

6. Métodos de utilización del mercurio en minería de oro de aluvión

Existen dos principales procesos de uso del mercurio en la extracción del oro en Colombia: la amalgamación y la concentración gravimétrica. Estas técnicas tienen diferentes modalidades y herramientas para poder llevarlas a cabo. A continuación se nombran los principales procesos que se realizan en nuestro país.

6.1. Amalgamación

Como se observa en la secuencia gráfica¹⁷, posterior a la extracción del oro el cual se encuentra asociado al sustrato, es necesario separarlo mediante el proceso de amalgamación que consiste en añadir mercurio durante la trituración, molienda o lavado del mineral extraído. Posterior a esto, la masa resultante se ubica sobre mallas o paños, y mediante presión, se retira el exceso de mercurio. Finalmente, la amalgama es expuesta al fuego donde se libera el mercurio y se obtiene el oro. Cabe resaltar que esta técnica es una de las más contaminantes del medio ambiente, pues el mercurio que se evapora después se precipita y es transformado por microorganismos en mercurio orgánico, considerablemente tóxico.

¹⁷ Fuente imágenes:

https://www.google.com.co/search?q=amalgamaci%C3%B3n+artesanal+de+oro&rlz=1C1VFKB_enCO678CO678&espv=2&biw=1024&bih=498&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiD_4_aopjMAhVBWx4KHdxcBWgQ_AUIBigB&dpr=1.88

UTILIZACIÓN DEL MERCURIO EN MINERÍA DE ORO DE ALUVION

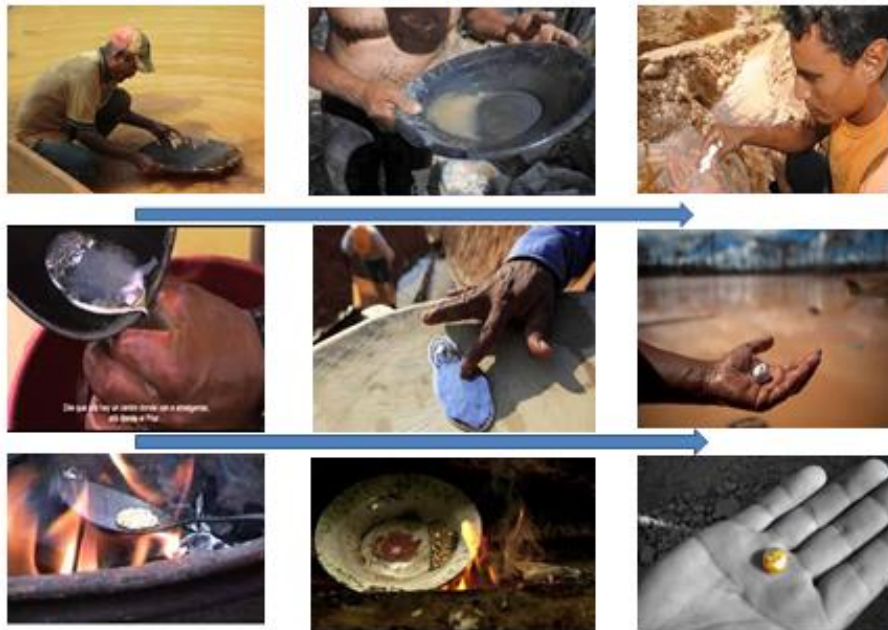


Figura 2. Uso del mercurio en minería de oro de aluvión

La técnica de amalgamación puede ser usada con diferentes herramientas. A continuación se mencionan las principales derivaciones de uso de esta técnica.

6.1.1. Amalgamación en canalón

El canalón es una estructura de madera o metal que ubica en su interior mallas o rejillas y debajo de estas se posicionan telas de fique donde está contenido el mercurio; estas logran atrapar los metales que se depositan por gravimetría¹⁸.



¹⁸ La gravimetría es un método de corte cuantitativo que permite determinar la cantidad de una sustancia en particular con base en su peso.

Ilustración. Amalgamación en Canalón

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.1.2. Amalgamación en molinos

Este proceso de amalgamación se desarrolla mediante el proceso de molienda de la roca. En este método, el mercurio se vierte dentro del equipo donde se está llevando a cabo el proceso; esto se realiza con molinos de bolas, de martillo, con molino chileno o con molino de bolas.



Ilustración. Amalgamación en Molinos

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.1.3. Amalgamación en placas amalgamadoras

En este proceso se interviene la pulpa, la cual es la mezcla de mineral con agua, la cual se hace correr por medio de placas de cobre o metal levemente inclinadas donde se ubica una capa de plata aplicada electrolíticamente. Sobre dicha placa, se aplica una cantidad de mercurio, la cual logra generar la amalgama; posteriormente se realiza el proceso de separación del metal.



Ilustración. Amalgamación en placas amalgamadoras
Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.1.4. Amalgamación en batea y baldes

Esta es una de las técnicas más económicas y comúnmente usadas en la minería artesanal tanto en filón como en aluvión. En este proceso, los mineros hacen uso de una cantidad moderada de mercurio que les permita generar la amalgama y luego, llevan a cabo el proceso de extracción del oro. Cabe resaltar que esta técnica es una de las más peligrosas para la salud humana, debido a que el minero se encuentra directamente expuesto con el mercurio.



Ilustración. Amalgamación en batea y baldes
Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.1.5. Amalgamación en amalgamadores tipo “jackpot”

En este proceso los amalgamadores se utilizan comúnmente en las salidas de los molinos o antes de los canalones, allí se ubican trampas llenas de mercurio a través del cual pasa el material obtenido en la molienda, para posteriormente separar el metal.



Ilustración. Amalgamación en amalgamadores tipo “jackpot”

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.1.6. Amalgamación “in situ”

Esta técnica es usada solamente en la minería aluvial. Parte de la aplicación del mercurio en el poso de excavación, y con el movimiento y el transporte de carga, el metal se amalgama y se va generando el proceso de extracción del mismo.



Ilustración. Amalgamación “in situ”

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.1.7. Destilación de amalgamas en minería de aluvión

Esta técnica se lleva a cabo después de generar el proceso de amalgamación por medio de una técnica de destilación. Para cumplir dicho objetivo, la pasta amalgamada se ubica sobre un elemento metálico y se quema al aire libre por medio de un fogón o soplete, y así, se obtiene el oro.



Ilustración. Destilación de amalgamas en minería de aluvión

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.2. Concentración gravimétrica

Otra de las técnicas donde es usado el mercurio aparte de la amalgamación, es la concentración gravimétrica. Este proceso es uno de lo más comúnmente usados en la actividad minera, su finalidad es reducir al mínimo los minerales donde se encuentra el oro; dicho proceso se lleva a cabo con agua y son usadas herramientas como bateas, canalones, meses de golpe, jigs y concentradores en espiral. La técnica de concentración gravimétrica puede ser usada con diferentes herramientas. A continuación se mencionan las principales derivaciones de uso de esta técnica.

6.3. Concentración en Batea

En el proceso de concentración en batea se generan movimientos rotatorios de la mezcla de oro libre y una cantidad específica de mercurio. Esta técnica se logra con gran experticia del minero, quien por medio de los movimientos longitudinales, va adquiriendo poco a poco el extracto de oro.



Ilustración. Concentración en Batea

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.4. Canalón

Esta herramienta es una técnica de concentración del mineral que permite de manera sencilla extraer el oro de los entables. El canalón puede estar formado en madera, lamina o cemento y posee una recubierta de textiles donde se posiciona una malla que permite realizar golpes de agua y concentrar los minerales que se encuentran mezclados con mercurio.



Ilustración. Canaión

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.5. Mesas de Golpe

Esta técnica, que también es conocida como mesas concentradoras, permite concentrar gravimétricamente en medio acuoso los principios de estratificación de la corriente de agua y mercurio agrupando las partículas por tamaño y densidades. El movimiento vibratorio y longitudinal que se produce en la mesa forma un abanico de minerales.



Ilustración. Mesas de Golpe

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.6. Concentrador Centrifugado

Los concentradores centrifugados, que comúnmente son conocidos bajo la marca Falcon, utilizan la concentración de oro en el proceso de extracción de la amalgama. Esta máquina permite recuperar el mercurio usado en el proceso de separación.



Ilustración. Concentrador Centrifugado

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

6.7. Principales pérdidas de mercurio en los procesos

Los métodos previamente expuestos generan descargas al medioambiente las cuales varían dependiendo de muchas variables, entre estas la disponibilidad de sustancias para llevar a cabo el proceso, la capacitación de los operarios, el mecanismo específico que se esté utilizando y el tipo de sistema (abierto o cerrado), entre otros.

Diversos estudios realizados por el Ministerio del Medio Ambiente en Colombia han permitido documentar los mecanismos de pérdida de mercurio (liberación al medioambiente) en cada una de las operaciones que se llevan a cabo en minería aurífera artesanal y de pequeña escala los cuales varían de acuerdo con el tipo de mineral explotado. Se estima que los procesos que se desarrollan mediante la utilización de sistemas abiertos liberan mayores cantidades de mercurio al medio, mientras que cuando se utilizan los sistemas cerrados las posibilidades de pérdida del mercurio serán considerablemente menores.

El siguiente cuadro desarrollado por la UPME describe la etapa de la operación en la que se generan descargas de mercurio al medio ambiente.

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Molienda	Cuando se realiza simultáneamente con amalgamación, ya sea en circuito abierto o en circuito semi cerrado.
Amalgamación	Cuando se realiza separadamente de la molienda en circuitos abiertos o semi cerrados.
Tratamiento de amalgamas	Cuando las amalgamas son tratadas tanto térmicamente como por ataque ácido.
Cianuración	En las colas de cianuración provenientes de amalgamación
Fundición y refinación de oro	Cuando se funden las amalgamas y los precipitados con mercurio provenientes de la amalgamación y la cianuración.
Derrames involuntarios y voluntarios	Los primeros se dan en aquellos casos que por descuido el minero riega un frasco de mercurio o lo deja destapado; los segundos se dan por el descarte de mercurio cuando se ha reducido la capacidad de amalgamación de este metal.

Tabla 3. Principales operaciones de beneficio de oro que presentan pérdidas de mercurio (UPME).

Información consultada en:

- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito – UNODC. Monitoreo de Cultivos Ilícitos. Bogotá, 2015.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio AMBIENTE – PNUMA. *El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*. Ginebra, 2008
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio AMBIENTE – PNUMA. *Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala*. Bogotá, 2012.
- Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. *Estudio de La cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro*. Bogotá, 2014.
- Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. *Producción más limpia en la minería del oro en Colombia mercurio, cianuro y otras sustancias*. Bogotá, 2007.

7. Toxicidad del mercurio

La toxicidad del mercurio es conocida desde la antigüedad en científicos como Hipócrates, Plinio, y Galeno. La primera apreciación de los efectos tóxicos del vapor de mercurio como riesgo laboral aparece en el trabajo de Ulrich Ellenberg "Von der Grifftigen Bensen Terupffen von 8 Reichen der metal" (1473). Otros escritos de interés son el de Paracelso "Von der Bergsucht und auderen Baykrankheiten" (1533) sobre la clínica del envenenamiento ocupacional por mercurio o el estudio del padre de la Medicina del Trabajo, Bernardino Ramazzini y su obra "De Morbis Artificum Diatriba"¹⁹.

Toxicológicamente hablando, el mercurio orgánico y fundamentalmente el metilmercurio, poseen una toxicidad más elevada que el mercurio elemental y los compuestos inorgánicos. Las diferentes formas y compuestos del mercurio tienen peculiaridades toxicocinéticas específicas; en este aspecto las propiedades químicas e interacciones biológicas de importancia son las siguientes:

- El mercurio elemental (e-Hg) es soluble en los lípidos por lo que es altamente difusible a través de las biomembranas para posteriormente ser bio-oxidado intracelularmente a mercurio inorgánico (i-Hg).
- El mercurio inorgánico (i-Hg) es soluble en agua pero menos difusible a través de las biomembranas que el e-Hg. Induce a la síntesis de proteínas del tipo metalotioneína en el riñón.
- Los compuestos de alquil-mercurio (al-Hg), principalmente el metilmercurio (me-Hg), son solubles en los lípidos, por lo que es altamente difusible a través de las biomembranas para posteriormente ser biotransformado en i-Hg.
- Los compuestos mercuriales orgánicos (or-Hg) y (alox-Hg) son solubles en los lípidos y rápidamente degradables en el organismo a i-Hg.

El alto grado de toxicidad del mercurio está relacionado con el fenómeno de la bioacumulación. Prácticamente todas las personas tienen al menos pequeñas cantidades de metilmercurio en sus cuerpos, lo que refleja la amplia presencia de esta sustancia en el medio ambiente, en razón a su amplio uso en multitud de objetos con los que permanentemente estamos en contacto; sin embargo, se debe tener en cuenta que en la mayoría de las personas los niveles de mercurio son considerablemente pequeños por lo que no tienen incidencia sobre la salud. En nuestro medio el consumo de alimentos contaminados con este metal es considerado como la principal ruta de exposición para los seres humanos, incrementándose esta exposición en las zonas donde la sustancia se libera a la atmósfera cuando es evaporada en los procesos de obtención artesanal de metales preciosos.

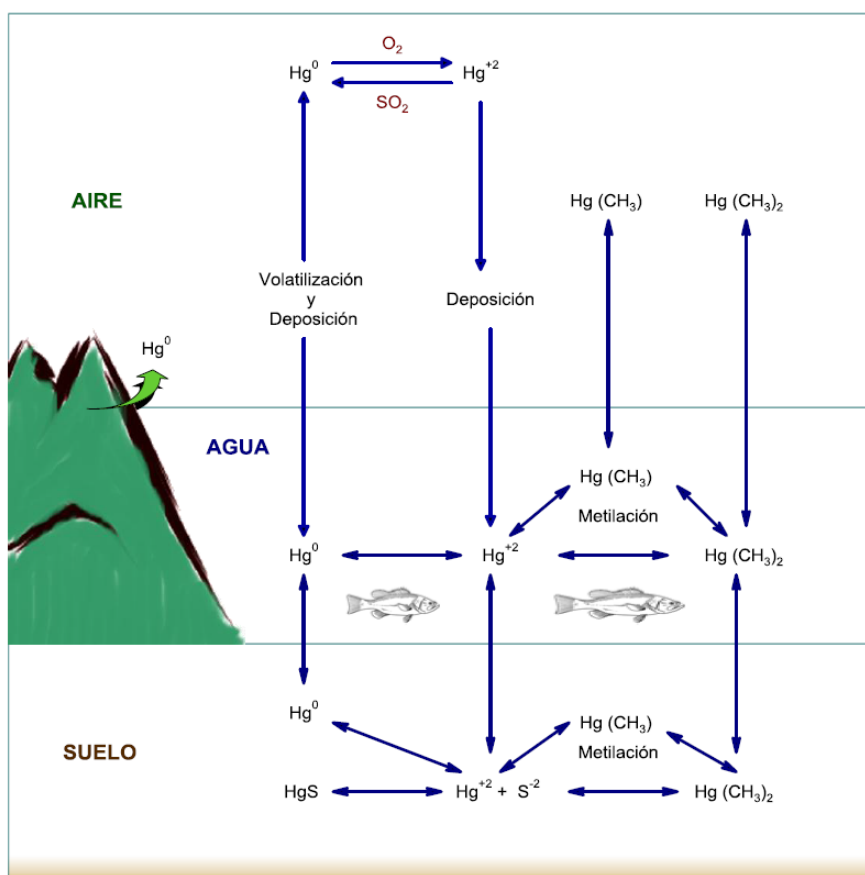
Una vez que el mercurio es liberado al medio ambiente, se encuentra sujeto a reacciones químicas y biológicas que están influenciadas por el pH, la temperatura y la composición del suelo en contenido de sales y componentes orgánicos, que favorecen la formación de compuestos de mercurio. Estos compuestos de mercurio son absorbidos por los organismos vivos, manifestándose así las características toxicológicas del elemento.

En el caso de las fuentes hídricas, un factor de suma importancia es la capacidad que tiene el mercurio de acumularse en los organismos acuáticos, que una vez entran a formar parte de la cadena alimenticia facilitan la contaminación de otros seres vivos que se encuentran en niveles superiores de dicha cadena.

¹⁹ Santiago Español Cano. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en Sanidad Laboral y Ambiental. Perú 2001. (Consultado en http://www.academia.edu/8644168/toxicolog%c3%8da_del_mercurio._actuaciones_preventivas_en_sanidad_laboral_y_ambiental) enero de 2016

En la siguiente figura se esquematiza el ciclo bioquímico del mercurio que inicia con la liberación a la atmosfera del elemento. Las emisiones de mercurio pueden proceder de actividades humanas (combustión de carbón, minería de oro y plata) y de actividades naturales (emisión volcánica). Las emisiones se emiten especialmente como mercurio metálico (Hg^0), que por sus características físicas se vuelven vapor que luego es condensado y depositado nuevamente en los ecosistemas por la acción de las lluvias.

Una vez que el mercurio se encuentra en los ecosistemas sufre un gran número de transformaciones químicas que hacen que aparezca en una alta variedad de compuestos y estados. El mercurio elemental sufre su primer proceso de oxidación con el ozono (O_3) presente en la atmosfera, originando Hg^{+2} , que luego se deposita en el suelo y en el agua, el cual es transformado en los compuestos orgánicos como el metilmercurio – $\text{Hg}(\text{CH}_3)$ - y el dimetilmercurio $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$ - y complejos OH^- , con el Cl^- (HgCl_2 y HgCl_3).



Figura

3. Ciclo biogeoquímico del mercurio²⁰

²⁰ Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADS. Bogotá, D.C. Diciembre de 2012.

Todas estas especies químicas entran a formar parte de la cadena trófica, en la cual se presentan los fenómenos de bioacumulación y biomagnificación, por medio de los cuales los seres humanos ingieren el mercurio al consumir peces y agua contaminados.

En el ciclo biogeoquímico del mercurio juegan un papel importante las formas mono y dimetiladas producidas por muchos organismos como mecanismos de detoxificación. El mercurio en compuestos inorgánicos, tal y como llega a las aguas carece de toxicidad; sin embargo, es en este medio acuático en el cual el mercurio inorgánico es transformado en metilmercurio, por organismos naturales del suelo, agua y sedimentos.

La toxicidad del mercurio está relacionada con la forma química y por lo tanto los signos y síntomas de la intoxicación dependerán de la exposición diferenciada al mercurio elemental, a los compuestos orgánicos y a los compuestos inorgánicos del mercurio. Los derivados orgánicos del mercurio (metilmercurio y dimetilmercurio), se han identificado como las especies más peligrosas debido a su afinidad por las estructuras celulares vivas, lo que facilita su absorción y por lo tanto sus efectos tóxicos²¹

7.1. Impacto ambiental del mercurio usado en minería del oro

Como se puntualizó anteriormente el mercurio es un elemento que genera considerables impactos sobre el medio ambiente, al incidir directamente sobre comunidades bióticas y abióticas, incluyendo a los asentamientos humanos como parte fundamental de los ecosistemas.

Si bien el mercurio en sus diferentes estados químicos puede impactar cualquiera de los componentes ambientales, es bien conocido que el mayor impacto (por lo menos en las etapas iniciales) se genera en los niveles acuáticos donde el mercurio elemental en razón a diversos factores altamente complejos, en los cuales actúan inclusive los ciclos biogeoquímicos, se transforma en mercurio orgánico, específicamente en metil y dimetilmercurio $\text{CH}_3\text{-Hg}$ y $(\text{CH}_3)_2\text{-Hg}$, moléculas altamente neurotóxicas que tienen la característica de bioacumularse y biomagnificarse, inicialmente en tejidos de fauna íctica. La literatura reporta que el metilmercurio puede incrementarse en la cadena trófica hasta en un millón de veces desde su entrada inicial al ciclo alimenticio.²²

Una de las características de los ríos colombianos está relacionada con su acidez determinada entre otras razones debido a la descomposición de materia orgánica. El mercurio elemental (Hg^0) retenido en el suelo es liberado cuando las aguas superficiales presentan niveles de pH entre 5 y 7. Este mercurio elemental posteriormente es transformado por acción de bacterias aeróbicas a formas orgánicas altamente tóxicas de metilmercurio $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}^+$ y dimetilmercurio $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, las cuales son absorbidas en grandes cantidades por los peces donde se acumulan.

Comentario [LC1]: Que pasa si el pH es diferente? Que pasa con el mercurio en el suelo?

Bioacumulación y biomagnificación

²¹ Acumulación – Interacción de especies mercurio y selenio en tejidos animales: Desarrollo de nuevas metodologías de análisis. Ana Isabel Cabañero Ortiz. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Química Analítica. Madrid 2005

²² Vásquez, M. J.; Albuín, M.; Carro, A. M.; Lorenzo, R. A.; Cela, R.; Chemosphere 1999, 39, 1211.

La **bioacumulación** es el proceso mediante el cual se produce la acumulación neta de metales provenientes de fuentes bióticas (otros organismos) o abióticas (suelo, aire y agua) en un organismo.

La **biomagnificación** es el proceso mediante el cual se genera una acumulación progresiva de ciertos metales pesados (y otras sustancias persistentes) a medida que se asciende en la cadena trófica. Está relacionada con el coeficiente de concentración en los tejidos de un organismo depredador en comparación con el de su presa (AMAP, 1998).

Para que el proceso de bioacumulación y consecuentemente el de biomagnificación se genere es importante que el mercurio metálico (elemental) que se ha evaporado durante el proceso de recuperación del oro, se transforme en mercurio orgánico (metil y dimetilmercurio). Este mecanismo de transformación ocurre generalmente en las aguas de los ríos (también las oceánicas) a través de mecanismos aeróbicos y anaeróbicos.

En el primer caso las bacterias anaeróbicas utilizan la cianocobalamina (un análogo de la vitamina B-12) producida por bacterias metanogénicas en un ambiente moderadamente reductor. Se sabe que por esta vía anaeróbica la formación de metilmercurio es bastante escasa debido a que por este medio es frecuente la formación de sulfuros de mercurio el cual no se encuentra disponible para la metilación en la medida que es insoluble en medio anaeróbico y cuando el medio pasa a aeróbico los sulfuros se transforman en sulfitos y sulfatos que posteriormente dejan disponible el ión mercúrico (Hg^{+2}) en forma soluble.²³

Para la transformación aeróbica del mercurio elemental a las formas orgánicas, la molécula de mercurio se une a la de homocisteína, la cual se metila por los procesos regulares que dan lugar a la formación de la metionina. En este caso el complejo homocisteína-Hg se “metila por error”, proceso que ocurre en muchos microorganismos y bacterias.

Para concluir, en las partículas de sedimento suspendidas en el agua la metilación del mercurio genera dimetilmercurio que es insoluble en agua y muy volátil por lo que puede pasar a la atmósfera y después precipitarse con la lluvia ácida para convertirse en monometilmercurio y de esta forma cerrar el ciclo.

Un factor muy importante de los efectos del mercurio en el medio ambiente es su capacidad para acumularse en organismos y ascender por la cadena alimentaria. Hasta cierto punto, todas las formas de mercurio pueden llegar a acumularse, pero el metilmercurio se absorbe y acumula más que otras formas.

“El mercurio inorgánico también puede ser absorbido pero por lo general en menores cantidades y con menor eficiencia que el metilmercurio. La biomagnificación del mercurio es lo que más incide en los efectos para animales y seres humanos. Al parecer, los peces adhieren con fuerza el metilmercurio; casi el 100% del mercurio que se bioacumula en peces depredadores es metilmercurio. La mayor parte del metilmercurio en tejidos de peces forma enlaces covalentes con grupos sulfhidrilo proteínico, con lo que la vida media de eliminación resulta larga (aproximadamente de dos años). Como consecuencia, se genera un enriquecimiento selectivo de metilmercurio (en comparación con el mercurio inorgánico) cuando se pasa de un nivel trófico al siguiente nivel trófico superior. En comparación con otros compuestos de mercurio, la eliminación del metilmercurio en peces es muy lenta. En concentraciones ambientales constantes, las concentraciones de mercurio en peces de determinada especie tienden a aumentar con la edad, como consecuencia de la lenta eliminación del metilmercurio y una mayor ingesta debido a los desplazamientos en los niveles tróficos que

²³ Consultado en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/016750/016750-mercurio.pdf>

suele haber a medida que el pez va creciendo (come cada vez más peces, y las presas son más grandes). Por eso, es común que los peces más viejos tengan en sus tejidos concentraciones de mercurio más altas que los peces más jóvenes de la misma especie”.²⁴



Figura 4 Ciclo del mercurio

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos53/impacto-ambiental-mercurio/impacto-ambiental-mercurio.shtml>

Así las cosas, se espera que los especímenes más jóvenes y más pequeños de peces presenten menores cantidades de mercurio orgánico (menor bioacumulación); sin embargo, a medida que se asciende en la cadena alimenticia se encuentra que los especímenes presentan mayor bioacumulación y altos índices de biomagnificación de las moléculas. Entonces es de esperar que especies carnívoras (peces que se alimentan de peces más pequeños) presenten mayores cantidades de mercurio que peces que se alimentan exclusivamente de fitoplancton. Lo mismo sucedería con peces grandes y peces viejos los cuales presentarían mayores índices de bioacumulación y biomagnificación que los jóvenes y pequeños. La imagen recrea la magnificación del mercurio desde las bacterias, pasando por las algas, los peces fitófagos, peces carnívoros o depredadores, aves, mamíferos hasta llegar al hombre que estaría consumiendo los mayores niveles de la cadena trófica.

²⁴ Consultado en: <http://www.greenfacts.org/es/mercurio/n-3/mercurio-3.htm>

Finalmente cuando los mamíferos, incluido el hombre, se alimentan con estos peces altamente contaminados con el mercurio orgánico adicionan el metal a su organismo, iniciando de esta forma el proceso de bioacumulación y biomagnificación, con las consecuencias sobre la salud descritas anteriormente.

Aunque en general se sabe mucho sobre la bioacumulación y biomagnificación del mercurio, se trata de un proceso muy complejo en el que participan ciclos biogeoquímicos e interacciones ecológicas complicadas. Por consiguiente, aunque pueda observarse la acumulación/biomagnificación, no es fácil predecir el grado de biomagnificación del mercurio en peces de diferentes sitios.²⁵

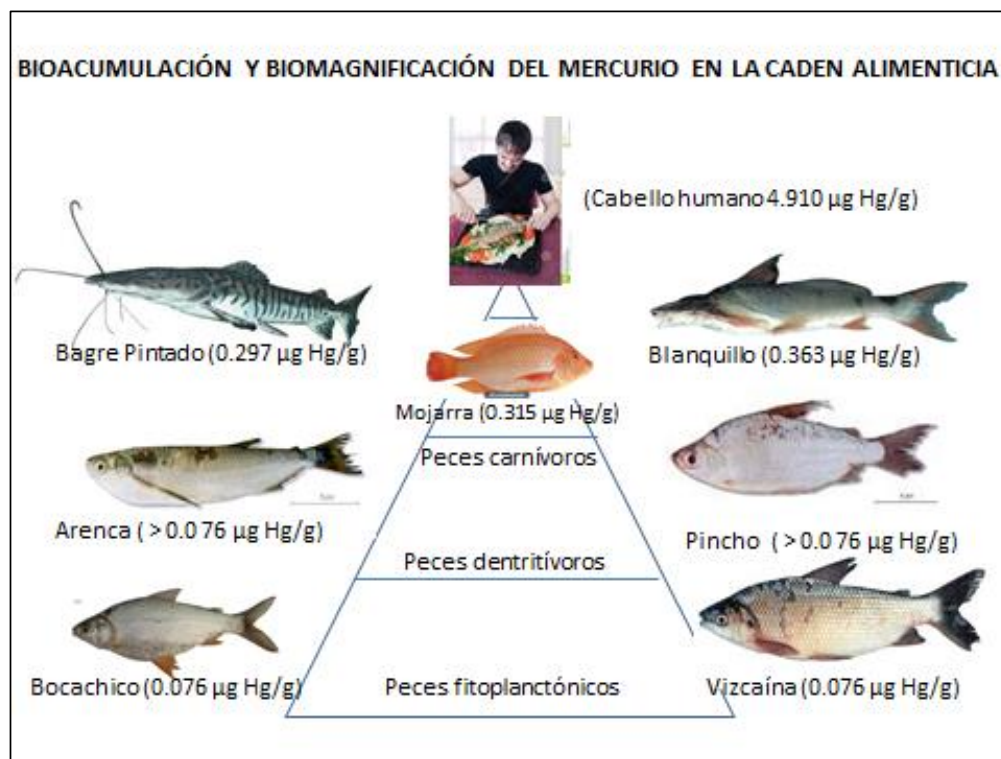


Figura 5. Biomagnificación del mercurio

Las formas orgánicas del mercurio (metil y dimetilmercurio) que desafortunadamente son las que se espera que estén generando mayores impactos a nuestros ecosistemas, especialmente aquellos donde la actividad minera es considerable, presentan características que las hacen especialmente nocivas para el medioambiente y las comunidades:

- Son más tóxicas que otras formas químicas del mercurio.
- Traspasan fácilmente el tracto gastrointestinal y la barrera placentaria por lo que puede afectar al feto.
- Generan daños irreversibles sobre el Sistema Nervioso Central.

²⁵ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Chapter 5: Impacts of mercury on the environment -<http://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/pnuma.htm>

- Se detoxifican muy lentamente.
- No hay tratamiento útil para tratar la intoxicación, especialmente la crónica.
- Se exporta el daño a todo el ecosistema; es decir, el impacto negativo no es puntual.

7.2. Casos de contaminación ambiental por metilmercurio

Tal vez el caso más representativo de contaminación con mercurio fue el ocurrido al comienzo de la segunda mitad del siglo XX (1953), cuando en la Bahía de Minamata en Japón la empresa Chisso Fertilizer Co. Ltda., una de las mayores industrias productoras de fertilizantes químicos y otras sustancias sintéticas, generaba dentro de los subproductos de sus procesos de producción de acetaldehído el metilmercurio el cual era depositado en las aguas de la bahía, de donde la población obtenía el pescado para su alimentación²⁶.

Después de un tiempo, los síntomas de envenenamiento empezaron a surgir en la población local, muchos de los cuales perdieron el control motriz básico y comenzaron a actuar de forma irregular. La enfermedad de Minamata es un síndrome neurológico grave y permanente causado por el envenenamiento por metilmercurio. Los síntomas incluyen ataxia, alteración sensorial en manos y pies, deterioro de los sentidos de la vista y el oído, debilidad y, en casos extremos, parálisis y muerte. Entre 1953 y 1965 se contabilizaron 111 víctimas y más de 400 casos con problemas neurológicos. Madres que no presentaban ningún síntoma dieron a luz niños gravemente afectados.

En 1968, el gobierno japonés anunció oficialmente que la causa de la enfermedad era la ingestión de pescado y de marisco contaminado de mercurio provocado por los vertidos de la empresa petroquímica Chisso. Se calcula que entre 1932 y 1968, año en que cambió el proceso de síntesis por otro menos contaminante, se vertieron a la bahía 81 toneladas de mercurio.²⁷

En un trabajo realizado por investigadores brasileiros (Bizioti y Jardim) citan que en una investigación realizada con 18 mujeres residentes en la bahía durante el brote de la enfermedad, se determinó que las concentraciones de mercurio en cabello variaban de 4,30 a 63,14 mg/kg, mientras que en el cabello de los niños las concentraciones fueron de < 0,01 a 43,31 mg/kg. En la leche de estas mismas madres las concentraciones de mercurio variaron de < 0,01 a 0,16 mg/kg. En el mismo sentido, se determinó que en pacientes contaminados después de cinco años de ocurrencia de la exposición a la sustancia se encontraron valores considerablemente altos de la sustancia, los cuales variaban de 2,46 a 705 mg/kg de mercurio. Oficialmente se reconoció que 2.252 personas fueron directamente contaminadas por metil-Hg, ocurriendo 1.043 muertes de un total de 12.127 personas que reportaron la enfermedad²⁸.

Posteriormente en la década de los 70 se reportaron diferentes casos de contaminación por metil y etilmercurio en Irak, Paquistán, Ghana y Guatemala, debido a que los agricultores estaban elaborando pan con granos previamente tratados con fungicidas a base de mercurio. Se estableció que en caso de Irak casi

²⁶ Akagi, H.; Akiba, S.; Arimura, K.; Satoh, H.; Togashi, S.; Naganuma, A.; Futatsuka, M.; Matsuyama, A.; Ando, T.; Sakamoto, M.; Preventive Measures against Environmental Mercury Pollution and its health effects, Japan Public Health Association: Tokyo, 2001

²⁷ Consultado en: <http://www.toxipedia.org/pages/viewpage.action?pageId=15171728>

²⁸ Márcia Cristina Bisioti; Wilson F. Jardim.; O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente.; Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, CP 6154, 13084-971 Campinas - SP Quím. Nova vol.27 no.4 São Paulo Julio/Agosto., 2004

7000 personas fueron hospitalizadas, de las cuales murieron 459. En 1969, en los estados Unidos se presentó una intoxicación debido a la ingestión de carne de cerdo alimentado con granos tratados con fungicidas organomercuriales⁷.

7.3. Efectos en el cuerpo humano

En los humanos el mercurio es potencialmente mutagénico y teratogénico; puede afectar en forma negativa el sistema inmune y reproductor de los consumidores de productos contaminados. Además, se ha comprobado que puede generar efectos neurotóxicos y genotóxicos, al igual que inhibe la síntesis de proteínas en los organismos.

Se han reportado y documentado una serie de efectos negativos de este elemento sobre los humanos, los cuales se pueden clasificar principalmente en:

- Daños al sistema nervioso central
- Daños a las funciones del cerebro
- Daños al ADN y cromosomas
- Reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza
- Efectos negativos en la reproducción, daño en el esperma, defectos de nacimientos y abortos

El daño a las funciones del cerebro puede causar la degradación de la habilidad para aprender, cambios en la personalidad, temblores, cambios en la visión, sordera, incoordinación de músculos y pérdida de la memoria.

El mercurio es una sustancia que presenta características neurotóxicas (envenena neuronas). Puede afectar la salud de los seres humanos dependiendo de varios factores entre los que se pueden destacar los siguientes:

- La forma química en que se presenta (por ejemplo, metilmercurio o mercurio elemental (metálico))
- La cantidad y concentración a la que se vea expuesta la persona²⁹
- La edad de la persona expuesta, pues los niños y los ancianos pueden verse más afectados (el feto es el más vulnerable)
- La duración de la exposición a la fuente; entre más tiempo se encuentre expuesto se espera mayor intoxicación (efectos crónicos)
- La forma de exposición, es decir, cómo la persona se expone a la sustancia (respiración, ingestión de alimentos contaminados, contacto con la piel, etc.)
- La salud de la persona expuesta.

Así las cosas, los efectos del mercurio sobre el organismo pueden ser considerablemente severos, sutiles o no existir, dependiendo de los factores anteriormente expuestos. Sin embargo ateniéndose al principio de la toxicología que determina que todo y nada es veneno⁵, podríamos suponer que en nuestro medio el mercurio podría estar afectando a un porcentaje considerable de población, especialmente la relacionada directamente

²⁹ Un principio de la toxicología establece que "Todo es veneno y nada es veneno, dependiendo de la cantidad, concentración y rapidez de exposición".

e indirectamente con los procesos de extracción de oro, ya sea de aluvión o socavón, donde de forma invariable se utiliza esta sustancia para la separación del metal.

En Colombia en la minería de oro de aluvión, por lo general se utiliza mercurio metálico, que al evaporarse, mediante procesos orgánicos se convierte en metil y dimetil mercurio (la forma química más tóxica del metal). Se utiliza en grandes cantidades, razón por la cual se esperaría que la exposición a la sustancia por parte de los mineros y de las comunidades relacionadas territorialmente, sea considerablemente alta. La utilización de la sustancia es continua en el tiempo; es decir, en zonas mineras se espera que diariamente se esté liberando la sustancia a la atmósfera, razón por la cual el contacto por parte de los mineros y de las comunidades allí asentadas, se espera que sea permanente, lo que evidentemente incidiría sobre el potencial toxicológico.

La forma de exposición más frecuente a la sustancia se estaría dando a través de la respiración, en la medida en que en la áreas de extracción de oro el mercurio es evaporado directamente; sin embargo, se esperaría que una considerable cantidad de la sustancia esté siendo ingerida a través del pescado que se obtiene de los ríos asociados a la actividad, pues el mercurio evaporado, invariablemente va a alcanzar las fuentes hídricas (mediante el proceso de precipitación y posterior metilación) donde las comunidades obtienen pescado para su alimentación. Finalmente, se debe anotar que en razón a las condiciones medioambientales, alimentarias y a las mismas condiciones laborales, la salud de los mineros y de las comunidades expuestas a la sustancia, en muchos casos no es la mejor, razón por la cual los efectos de la sustancia pueden ser aún más severos.

Actualmente no hay información científica que permita vincular la exposición al mercurio con el cáncer. De acuerdo con la EPA en dosis muy altas, algunas formas de mercurio han causado aumentos en varios tipos de tumores en ratas y ratones; sin embargo, cuando la EPA publicó en 2005 las directrices relacionadas con el cáncer, concluyó que la exposición ambiental al mercurio inorgánico y al metilmercurio, no son susceptibles de causar cáncer en los seres humanos³⁰.

Algunas madres gestantes están expuestas debido especialmente a la ingestión de pescado contaminado con metilmercurio el cual puede llegar a tener consecuencias sobre la salud del feto que puede verse afectado en el desarrollo normal de su cerebro y del sistema nervioso central. En el mismo sentido, en las comunidades mineras donde viven niños, estos se encuentran expuestos a los efectos del metilmercurio, molécula que podría tener incidencia en:

- El desarrollo del pensamiento cognitivo
- La memoria
- La atención
- El lenguaje
- Las habilidades motoras finas
- Las habilidades espaciales visuales.

El mercurio elemental (metálico) por lo general ingresa al organismo mediante inhalación a través de las vías respiratorias superiores hasta los alveolos pulmonares, donde ingresa al torrente sanguíneo a través del intercambio de gases. Los síntomas crónicos y las exposiciones agudas incluyen:

- Temblores
- Cambios emocionales (tales como cambios de humor, irritabilidad, nerviosismo, timidez excesiva)
- Insomnio
- Cambios neuromusculares (tales como debilidad, atrofia muscular, espasmos)

³⁰ Health Effects of Exposures to Mercury., United States Environmental Protection Agency. Enero 15 de 2016.

- Dolores de cabeza
- Alteraciones en las sensaciones
- Cambios en las respuestas nerviosas
- Los malos resultados en las pruebas de función mental

Exposiciones crónicas o agudas a grandes concentraciones también pueden causar efectos renales, insuficiencia respiratoria e inclusive la muerte.

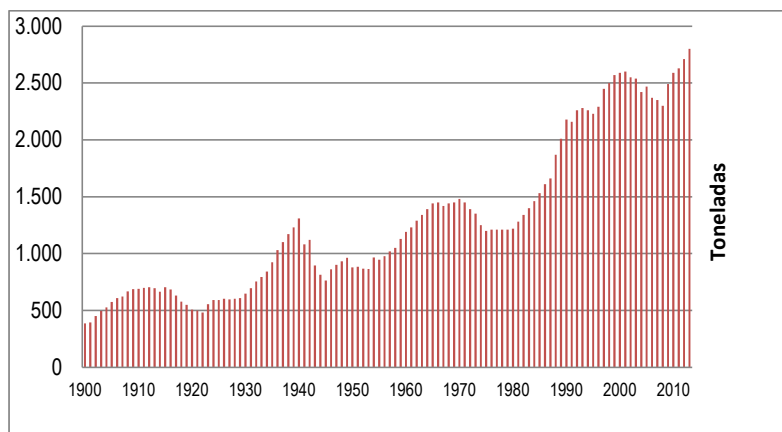
8. Control internacional del mercurio

Como respuesta a la preocupación internacional sobre el mercurio, se publicó en el año 2002 la primera evaluación mundial sobre el mercurio y sus compuestos. Ante la evidencia del impacto global de esta sustancia, se creó en 2005 la Asociación Mundial sobre el Mercurio del PNUMA, la cual incluye actualmente las siguientes áreas prioritarias: • La reducción del uso de mercurio en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala. • Control del mercurio emitido en la combustión del carbón. • Reducción de mercurio en el sector cloro-álcali. • Reducción de mercurio en productos. • Investigación del transporte aéreo del mercurio y su destino. • Gestión de desechos con mercurio. • Suministro y almacenamiento de mercurio. • Reducción del mercurio en la industria del cemento. Como resultado de las diferentes evaluaciones, y ante la necesidad urgente de adoptar medidas a nivel internacional, en Febrero de 2009 el entonces Consejo de Administración del PNUMA decidió iniciar el proceso de negociación de un instrumento jurídicamente vinculante sobre el mercurio. Dicho proceso tuvo lugar durante un período de tres años (2010-2013), hasta que el Comité Intergubernamental de negociación (CIN) creado a tal efecto acordó en Enero de 2013 el texto del Convenio de Minamata sobre el mercurio, en alusión al episodio de contaminación que tuvo lugar en esta localidad de Japón. El texto fue adoptado formalmente durante la Conferencia de Plenipotenciarios, que tuvo lugar en Japón, en Octubre de 2013. A finales de 2013 el Convenio contaba ya con una ratificación (EE.UU.) y 94 armas incluyendo gran parte de los países de la región de América Latina y el Caribe.

El conocimiento científico sobre los daños en la salud humana y al medio ambiente causados por la exposición al mercurio han aumentado a lo largo de los años, lo que ha conllevado a que diferentes gobiernos del mundo hayan tomado medidas para controlar —dentro de sus jurisdicciones— las actividades industriales y otras actividades humanas que liberan mercurio en el medio ambiente.

Sin embargo, debido a que el mercurio es un contaminante mundial, ningún gobierno puede hacer frente a esta problemática de manera unilateral para proteger a su población y su ecosistema. Reconociendo esto, los gobiernos acordaron en 2009 iniciar negociaciones intergubernamentales con el propósito de preparar un tratado mundial, jurídicamente vinculante, sobre el uso del mercurio.

La gráfica 1 comprende el alcance en la producción de oro a nivel mundial. El principal país productor corresponde a China.



Gráfica 1. Producción mundial de oro
Fuente: UGSG (Enero 30 de 2015)

La primera reunión del Comité Negociador Intergubernamental para preparar un instrumento mundial legalmente vinculante sobre mercurio se llevó a cabo en Estocolmo, Suecia, en junio de 2010. Las negociaciones culminaron tres años después con la firma del Convenio de Minamata sobre mercurio adoptado en octubre de 2013, en una conferencia diplomática en Kumamoto, Japón. El objetivo del Convenio se centra en “proteger la salud humana y el medio ambiente de las liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio”³¹

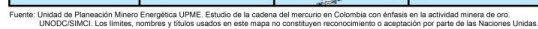
La creciente preocupación por los efectos del mercurio sobre el medio ambiente ha determinado la política de reducción de su uso industrial. Como respuesta a la preocupación internacional sobre el mercurio, se publicó en el año 2002 la primera evaluación mundial sobre esta sustancia y sus compuestos.

Ante la evidencia del impacto global se creó en 2005 la Asociación Mundial sobre el Mercurio del PNUMA. En el mismo sentido, el Convenio de Minamata establece: i) la prohibición de nueva minería primaria de mercurio; ii) un período de 15 años para discontinuar la actividad de extracción primaria de mercurio existente, período en el que el mercurio de la minería primaria solo podrá utilizarse para la fabricación de algunos productos (art.4 del Convenio), en los procesos de fabricación (art. 5 del Convenio) y para disposición final como desecho (art.11 del Convenio).

En el caso de mercurio procedente del desmantelamiento de plantas de producción de cloro-álcali, se desechará de conformidad con las directrices para la gestión ambientalmente racional (según el art. 11 del Convenio), y no se recuperará, reciclará, regenerará o reutilizará.

Para los efectos del Convenio de Minamata el “mercurio” comprende las mezclas de mercurio con otras sustancias, incluidas las aleaciones de mercurio, que tengan una concentración del mineral de al menos 95% en peso; y por “compuestos de mercurio” se entiende cloruro de mercurio (I) o calomelanos, óxido de mercurio (II), sulfato de mercurio (II), nitrato de mercurio (II), mineral de cinabrio y sulfuro de mercurio. El Gobierno de Colombia en octubre de 2013, suscribió junto con 91 países el acuerdo que busca “proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas del mercurio y compuestos del mercurio”. En este sentido el Congreso de la República aprobó la Ley 1658 del 15 de julio de 2013, que

³¹ Artículo 1, Convenio de Minamata sobre el mercurio.



Mapa 2. Países pertenecientes al convenio de Minamata

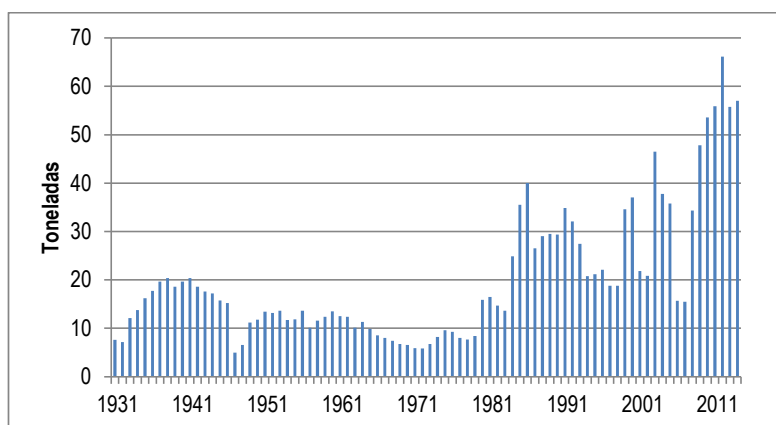
9. El mercurio en la minería del oro en Colombia

Existen tres actividades mineras y procesos industriales que usan mercurio y liberan grandes cantidades de este químico en el medio ambiente. Estas son la minería de oro artesanal y en pequeña escala (ASGM de oro), el uso de catalizadores de mercurio en la producción de sustancias químicas, y las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio. Se considera que la minería industrial a gran escala utiliza preferentemente las sales de cianuro en razón a la mayor eficiencia de extracción, la cual puede llegar al 97% en relación con el 60% en promedio, establecido para el mercurio.

El documento “Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro” elabora por la UPME, ofrece información en detalle sobre los flujos de mercurio en Colombia durante los últimos años, detallando países de venta y lugares de destino en el país. Colombia no es productor de mercurio, según el Banco de Datos de Comercio Exterior (BACEX), las importaciones de mercurio en el período 2006 - 2012 alcanzaron entre 54 y 130 toneladas anuales. Cerca del 98% se utilizó en la minería de oro.

Colombia es un país rico en recursos minerales debido a los procesos geológicos que formaron su valles, cordilleras y costas³². La minería de oro se ha desarrollado principalmente en zonas geográficas de los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Bolívar y Chocó. En la minería de oro se aprovecha la propiedad física del mercurio para ligarse rápidamente al oro, siendo esta la forma más fácil y económica de aglutinar sus partículas, lo cual permite separar el oro de la ganga³³.

La producción de oro en Colombia, a 2011, se representa en el gráfico 2. Si se compara a nivel mundial, Colombia produce aproximadamente el 2% de todo el oro producido en el mundo.



Gráfica 2. Producción de oro en Colombia

Fuente: SIMCO (Diciembre 31 de 2014)

³² Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala. Acuerdo No. MC/4030-09-04-2203. Bogotá D.C. Diciembre de 2012.

³³ Ganga se refieren a al conjunto de todos los minerales sobrantes que se encuentran asociados a la **mena** en la roca extraída en un yacimiento. Una **mena** de un elemento químico, generalmente un metal, es un mineral del que se pueden extraer aquel elemento que lo contiene. En cantidad suficiente para poderlo aprovechar.

La producción de oro en Colombia está concentrada en un 99,6% en trece departamentos y en un 95% en diez departamentos. De acuerdo con las estadísticas históricas del Sistema de Información Minero Colombiano -SIMCO, los departamentos con mayor producción de oro entre los años 2005 y 2014, han sido en su orden, Antioquia, Chocó, Bolívar, Caldas, Cauca, Valle del Cauca, Tolima, Nariño, Córdoba, Santander, Risaralda, Putumayo y Huila³⁴.

El principal proveedor de mercurio es España donde de acuerdo con la UPME, la principales empresas productoras y comercializadoras son las siguientes: Grupo Lyrsa (Madrid), Sekinat Gangnon España (Madrid), Ronto Market (Valladolid), Exogen Vigo S.I. (Alicante), Kingmerk Chemicals Exports (Barcelona), Alcoa Inespal (Valladolid), Iberfios SI (Coruña), Dimson Exports S.A. (Barcelona), Union Group Chemical Co. (Madrid), Mercury Dos (Valencia), Marco Element S.A. (Barcelona), Gloti (Barcelona), Nasdaq Chemicals (Valencia), Topklass Chemical Industries España (Barcelona), Greay Star Exporters (Madrid), PV Mercury Global (Madrid), Gomez Rivaldo España (Málaga), Traco Chemical Ltd. (Madrid), Márquez Chemical Ltd. (Barcelona), Dow Chemical S.A. (Barcelona) y Best Bharst S.A. (Madrid).

9.1. Estimación de mercurio utilizado en la explotación del oro en Colombia

Los estudios para estimar la cantidad de mercurio utilizado en la producción de oro en Colombia presentan limitaciones en la medida que se han documentado gran cantidad de métodos de extracción y de beneficio del metal, los cuales determinan que el minero utilice a discreción la cantidad de mercurio en cada proceso. La información recopilada indica que los gramos de mercurio consumidos en la recuperación del oro de aluvión o de filón para obtener un gramo de oro, varían en un amplio rango que puede estar entre 0,5 gramos a 30,0 de mercurio, lo cual dificulta considerablemente estimar la cantidad utilizada a partir de las estadísticas disponibles.

Diferentes estudios realizados en el país por entidades del sector gubernamental y privado, indican que el uso de mercurio varía ampliamente de acuerdo no solo con las tecnologías y técnicas de explotación y de beneficio de oro empleada, sino también con la tradición del minero y la región donde se lleva a cabo la actividad minera, dado que ha sido legada de generación en generación³⁵.

Así, se encuentra que en el proceso de amalgamación de minería de filón se llegan a usar entre 15 a 35 g Hg/g de oro recuperado cuando se utilizan canalones, de 7 a 10 g Hg/g de oro recuperado con placas amalgamadoras y entre 25 y 30 g Hg/g de oro recuperado con molinos de cocos, como ejemplo para mostrar la variabilidad que se presenta en el uso de mercurio³⁶.

En el caso del beneficio de oro de pequeña minería y minería artesanal de aluvión la situación es similar: en circuito abierto, las cantidades de mercurio utilizadas son en algunos casos del orden de 20,0 g Hg/g de oro recuperado, como ocurre en el sur del país. La minería aluvial que utiliza retroexcavadoras y placas amalgamadoras y/o amalgamación de concentrados en pequeños canalones o baldes, utiliza en promedio 11,8 g Hg/g de oro recuperado; en el caso de los barequeros que utilizan bateas, el uso de mercurio es del orden de 8,7 g Hg/g de oro recuperado.

³⁴ Estadísticas en el documento del Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala. Acuerdo No. MC/4030-09-04-2203. Bogotá D.C. Diciembre de 2012.

³⁵ Policía Nacional de Colombia, Dirección de Inteligencia Policial, Centro de Inteligencia Prospectiva. Redescubriendo la Minería Aurífera Aluvial. 2014.

³⁶ Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía. Estudio de la cadena de mercurio con énfasis en la actividad minera de oro. Tomo 3. Pp56-57. 2014.

El uso de mercurio en minería de oro aluvial se puede reducir incluso a aproximadamente 3 g Hg/g de oro recuperado en el caso de explotación con mini dragas, que utilizan concentración en canaletas y amalgamación en pequeños canalones o baldes y en el caso de dragones modificados y placas amalgamadoras y/o amalgamación de concentrados en pequeños canalones, con utilización de retroexcavadoras para alimentar el mineral a un sistema de clasificación por tamaños.

La estimación de la cantidad de mercurio consumido por los principales departamentos productores de oro en Colombia se realizó teniendo en cuenta todas las limitaciones del caso y en ella se ponderan los aspectos importantes que anteriormente se discutieron. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

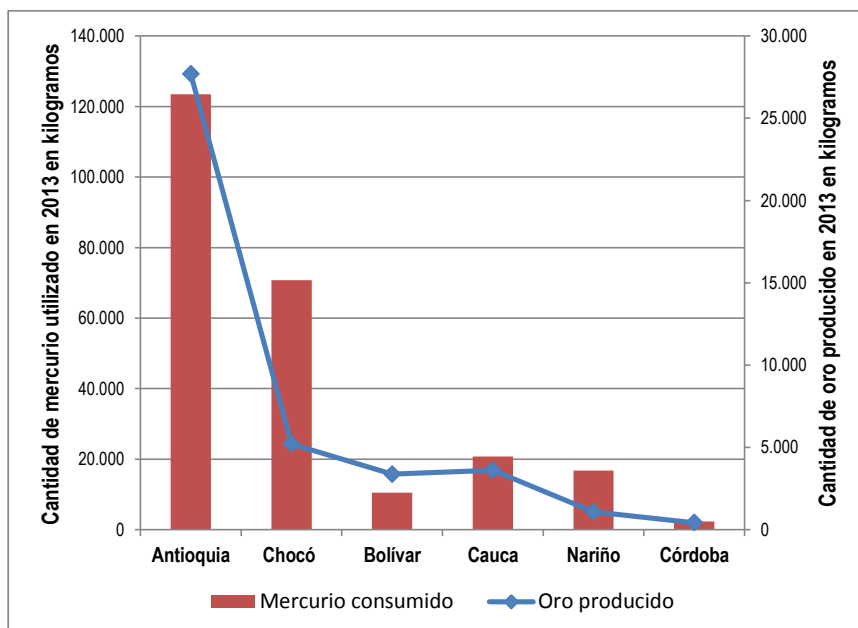
DEPARTAMENTO	Mercurio consumido (promedio kilogramos anuales para 2013)	Producción de oro 2013 (en kilogramos	Producción de oro 2014 (en kilogramos
Antioquia	129.224,97	26.456,88	28.091,13
Chocó	24.291,08	15.153,76	11.317,68
Cauca	16.854,51	4.435,48	4.314,42
Bolívar	15.705,45	2.238,4	2.746,11
Nariño	5.034,18	3.586,91	5.187,62
Córdoba	1964,93	492,5	496,86

Tabla 4. Estimativo del consumo de mercurio en 2013 y producción de oro en Colombia en 2013 y 2014.

Fuente: para la cantidad de mercurio: Estudio de la cadena de mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo 3. Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía 2014. Para la producción de oro Sistema de Información Minero Colombiano. Consultado en <http://www.simco.gov.co/simco/Estadisticas/Producción/tabid/121/Default.aspx>

El cálculo hace referencia a que Antioquia en el año 2013 consumió 129,2 toneladas de las 193,1 toneladas calculadas para el país y por lo tanto es el departamento más afectado por los efectos nocivos del mercurio en la salud de los seres vivos y en el ecosistema.

En la siguiente gráfica se observa que no existe relación proporcional entre el consumo de mercurio y la producción de oro a nivel departamental. En Antioquia se utiliza 5 veces más mercurio que en Chocó, en tanto que la producción de oro, no alcanza a ser el doble de lo producido en este departamento. Lo anterior denota que no existe una forma generalizada de utilizar el mercurio en la explotación del oro y que en la cantidad utilizada intervienen otros factores que es necesario establecer mediante estudios sobre la temática.



Gráfica 3. Relación entre oro producido y mercurio utilizado para 2013.

Fuente: SIMCO (Consultado en Enero 31 de 2016)

La relación entre oro producido y mercurio utilizado por departamento se muestra en la siguiente tabla y con todas las consideraciones acerca de la relación gramo de oro producido por gramo de mercurio utilizado, es un factor que permite una aproximación de la cantidad utilizada para el año 2014.

DEPARTAMENTO	Relación gramo de oro producido por gramo de mercurio consumido (promedio en kilogramos anuales para 2013)	Mercurio consumido (promedio kilogramos anuales para 2014
Antioquia	4,88	137.207,38
Chocó	1,60	18.141,94
Cauca	3,80	16.394,49
Bolívar	7,02	19.267,73
Nariño	1,40	7.280,75
Córdoba	3,99	1.982,32

Tabla 5. Relación de uso de mercurio por gramo de oro producido en 2013 y estimativo del consumo de mercurio para 2014.

Fuente: para la cantidad de mercurio: Estudio de la cadena de mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo 3. Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía 2014. Para la producción de oro Sistema de Información Minero Colombiano. Consultado en <http://www.simco.gov.co/simco/Estadísticas/Producción/tabid/121/Default.aspx>

Los cálculos efectuados en relación con las dinámicas de extracción del oro en Colombia, muestran que en Bolívar se utiliza mayor cantidad de mercurio por gramo de oro extraído (7.02 g de mercurio por 1 g de oro), que en los principales departamentos productores del metal precioso. Esta dinámica es consistente con los

estudios realizados en esta región del país, que evidencian la presencia de mercurio en sus ecosistemas y en sus habitantes³⁷ derivados principalmente de las prácticas de explotación minera.

De acuerdo con la cifra establecida en los estudios sobre la demanda de mercurio para la explotación minera, se requieren 193,1 toneladas de la sustancia, para los procesos de extracción de oro en 2013. Los datos de importación de mercurio para Colombia muestran que para este mismo periodo se reportaron 104,0 toneladas. Esta diferencia permite inferir la posible presencia de procesos de contrabando asociados con la actividad minera y que son relacionados con movimientos de la sustancia procedentes de México y Perú, que han sido descritos en estudios sobre el fenómeno, principalmente a través de la frontera terrestre (en el caso de Perú) y del Océano Atlántico (en el caso de México)³⁸.

Estas rutas alimentan los circuitos internos de distribución ilegal de mercurio en Nariño a través de la frontera con Ecuador de sustancia proveniente de Perú, que se utiliza en sus municipios, sin embargo no es posible determinar la dispersión geográfica de la sustancia. La misma situación se presenta con la posible entrada de mercurio de contrabando desde México al norte de Colombia, lo cual indica la necesidad de realizar estudios con profundidad que relacionen la demanda de la sustancia y las importaciones de mercurio.

4.4.2. Control nacional del mercurio (Revisión Bibliográfica)

Luego de varios años de negociación, el Gobierno de Colombia suscribió, junto con 91 países, el Convenio de Minamata. Esta iniciativa, que se convierte en el primer Convenio Multilateral ambiental adoptado en materia de sustancias químicas en el marco de Naciones Unidas en los últimos 10 años, tiene por objeto “proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénas del mercurio y compuestos de mercurio”.

El Convenio de Minamata responde a las necesidades de Colombia frente a la utilización del mercurio en la minería aurífera artesanal o a pequeña escala, que opera en muchos casos en zonas apartadas del país donde representa una actividad económica de subsistencia. En este sentido, el gobierno colombiano a efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables, expidió la Ley 1658 del 15 de julio de 2013, “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 los requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones”.

En la citada norma se destacan los siguientes aspectos relacionados con el uso del mercurio:

- Se definen plazos para la reducción y eliminación del mercurio, hasta el año 2018, en las actividades mineras y hasta el año 2023 en los demás procesos industriales que usen mercurio.
- Se establece la obligación de suscribir un Plan Único Nacional de Mercurio el cuál se construyó durante el año 2014, liderado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), con la participación de diferentes entidades del orden nacional, a saber: el Ministerio de Minas y Energía (MME), la Agencia Nacional de Minería, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la

³⁷ Jesús Olivero Verbel, Boris Johnson Restrepo. El lado gris de la minería de oro en Colombia. Facultad de Ciencias. Universidad de Cartagena. 2002

³⁸ ³⁸ Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía. Estudio de la cadena de mercurio con énfasis en la actividad minera de oro. Tomo 1. Pp 194-196 2014.

Cancillería, el Ministerio de Salud y Protección Social, el Instituto Nacional de Salud, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el Ministerio de Transporte, el Ministerio del Trabajo, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, entre otros.

El objeto del Plan Único Nacional de Mercurio es el de definir las estrategias y acciones para cumplir con las diferentes obligaciones de la **Ley 1658 de 2013**, especialmente los plazos de reducción y eliminación del uso del mercurio en todo el territorio nacional. Para ello cada entidad trabajó en el 2015 en la elaboración de su Plan de Acción Sectorial.

El documento *PLAN UNICO NACIONAL DE MERCURIO*³⁹ especifica la estructuración del gobierno colombiano para trazar la ruta estratégica para la eliminación gradual y definitiva del mercurio en el territorio nacional, e implica toda una serie de actividades que incluyen la generación del conocimiento del estado actual del uso mercurio, para proponer alternativas consideradas “más limpias” que pretendan reemplazarlo, como cumplimiento de los compromisos nacionales e internacionales adquiridos por el país.

Es de anotar que las acciones desarrolladas en el país en relación con el origen de la problemática del mercurio deben estar articuladas con el Plan Único de Mercurio, que es la ruta de acción institucional para el cumplimiento de las obligaciones de la Ley 1658 de 2013, la aplicación temprana del Convenio de Minamata y la gestión de toda la cadena del mercurio, que incluye la actividades de importación, comercialización y transporte de la sustancia, así como de las consecuencia de su manipulación, como emisión al aire, liberación al agua y suelo, transporte a través de los diferentes ecosistemas y cadenas tróficas, gestión como residuo peligroso, remediación de sitios contaminados, recuperación, restauración y rehabilitación de los servicios ecosistémicos y pasivos ambientales.

En el marco de las actividades del Plan de Acción Ambiental Sectorial, durante el año 2014, el MADS y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI, realizaron gestiones de cooperación internacional ante el *GLOBAL ENVIRONMET FACILITY – GEF*, con el fin de realizar un proyecto de preparación temprana y acciones previas a la ratificación del Convenio de Minamata sobre Mercurio, como gestión de información y estrategia financiera. Este proyecto, que inició su ejecución durante el 2015 con fecha de finalización en el 2017, cuenta con el apoyo del Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales – CNPMLTA, como entidad ejecutora. Consta de 4 componentes:

- Determinación de los vacíos y barreras institucionales para la implementación adecuada del Convenio
- Identificación de los ajustes de política y normatividad necesarios para la implementación del Convenio de Minamata
- Establecimiento del perfil nacional del mercurio para definir planes de intervención
- Difusión de información entre los grupos de interés relevantes.

El proyecto se socializó el 22 de julio de 2015 con las diferentes entidades del orden gubernamental que participan en el Plan Único de Mercurio, ONG, sectores productivos, entre otras. Igualmente, en noviembre de 2015, se llevó a cabo una Jornada de Sensibilización sobre Inventarios Nacionales de Mercurio, con la participación, entre otras, de las instituciones del SINA. Los resultados de dicha jornada concluyeron en:

- Establecer el Registro de Usuarios de Mercurio, para lo que el MADS y el IDEAM desde el 2013 vienen trabajando en el diseño conceptual de este registro. Durante el 2014 y 2015 se ejecutaron acciones tendientes a la reglamentación y desarrollo de la herramienta informática para la captura de información de uso, emisión y liberación del mercurio por parte de los diferentes sectores

³⁹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana. Plan Único Nacional de Mercurio. Versión Concertada diciembre 10 de 2014. Bogotá, Diciembre de 2014.

productivos. Se espera que esta herramienta inicie su operación para el sector minero en el primer semestre de 2016.

- Se delegó al MME la obligación de liderar el desarrollo, transferencia e implementación de procesos, estrategias y medidas de reducción y eliminación del uso del mercurio al interior de sector minero, por lo que tal ministerio lidera el desarrollo del Plan de Acción Sectorial encaminado al cumplimiento de estas obligaciones.
- Se encomendó al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, en coordinación con el MADS, el Ministerio de Salud y Protección Social y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), la obligación de establecer medidas de control y restricción a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contengan y crear un Registro Único Nacional de importadores y comercializadores autorizados.

9.2 Estudios y proyectos sobre mercurio en Colombia

Después de analizado el marco normativo, algunos estudios sobre la problemática del uso del mercurio en la explotación de oro en Colombia, han recopilado la información más importante acerca de la situación actual de la comercialización, distribución, demanda, oferta, usos, rutas, impacto ambiental, entre otras. Para el desarrollo del presente documento se referenciará específicamente el siguiente estudio desarrollado por el ministerio de Minas y Energía (Unidad Minero Energética) y la universidad de Córdoba, en razón a la actualidad e integralidad de la información suministrada.

Uno de los estudios más importantes y el más reciente elaborado en Colombia se publicó en el año de 2014 por la Unidad de Planeación Minera Energética del Ministerio de Minas, denominado **“Estudio de la Cadena del Mercurio en Colombia con Énfasis en la Actividad Minera de Oro”**.⁴⁰ Esta publicación contempla la recopilación de fuentes bibliográficas acerca de la problemática del uso de mercurio en la extracción minera. El documento establece la situación actual de la comercialización en Colombia, distribución, demanda, oferta, usos, rutas, impacto ambiental, concentraciones en compartimentos ambientales, manejo, balance másico y disposición, entre otras.

Este estudio se encuentra organizado en cuatro (4) tomos con información dispuesta de la siguiente forma:

- **TOMO 1. ESTUDIO DE LA CADENA DEL MERCURIO EN COLOMBIA CON ÉNFASIS EN LA ACTIVIDAD MINERA DE ORO.**
 - **Capítulo 1.** Principales socios comerciales. Países y cantidades de importación de mercurio a Colombia (México España, Reino de los Países Bajos, Estados Unidos de América, Alemania, Perú, Kirguistán, Japón, Rusia y China). Recuento de la producción de mercurio en cada uno de los países en donde se obtiene. Normatividad de las exportaciones, comercio exterior, empresas productoras y exportadoras de mercurio. Análisis de la base datos de importaciones y exportaciones de mercurio en Colombia.

⁴⁰ Ministerio de Minas y Energía – Unidad Minero Energética., Universidad de Córdoba. Estudio de la cadena de mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro. Noviembre 2014.

- **Capítulo 2.** Análisis de la demanda de mercurio en el mundo. Países de mayor demanda de mercurio (China, India, Estados Unidos de América, Rusia, Indonesia). Normatividad Colombiana relacionada con el uso del mercurio.
- **Capítulo 3.** Estrategias aplicadas para la eliminación del mercurio. Estrategias a nivel mundial y a nivel nacional para eliminación técnica del mercurio.
- **Capítulo 4.** Análisis de la oferta – demanda del mercurio a nivel nacional en los últimos 5 años (2009 a 2014). Análisis de la Base de datos UN-Comtrade. Análisis de la Base de datos Legiscomex. Importaciones colombianas de mercurio entre el 2007 y 2013. Empresas colombianas importadoras de mercurio entre 2003 y 2013. Volúmenes importados de mercurio por cada una de las empresas. Países y empresas proveedoras de mercurio por empresa importadora en Colombia (Datos de las empresas, localización geográfica). Precios internacionales del mercurio. Empresas comercializadoras de mercurio. Espacialización de importaciones por vía marítima y por vía aérea. Espacialización de rutas de comercialización nacional. Espacialización de rutas de contrabando de mercurio para la minería. Listado de Gestores Respel (Disposición final de residuos peligrosos).

También se hace una descripción de la normatividad en el uso del mercurio (importación, transporte, carretero, transporte marítimo y transporte aéreo). Importaciones por vía aérea. Demanda de mercurio a nivel nacional (principales departamentos). Espacialización del uso de mercurio en Colombia por departamento. Espacialización de regiones demandantes de mercurio en Antioquia, Chocó, Bolívar, Córdoba, Caldas, Cauca, Nariño y Tolima. Espacialización de distritos mineros auríferos en Colombia.

El servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS⁴¹), ha publicado desde 1994 una estimación de la producción de mercurio a nivel mundial. En la siguiente tabla se relacionan la producción mundial en los años 2010 al 2015, en toneladas. El principal productor mundial de mercurio es China, con un 68 % de la producción mundial.

PAIS	2010	2011	2012	2013	2014	2015
China	1600	1500	1350	1350	1600	1600
Kirguistán	250	250	250	250	75	70
Otros países		1		20	73	70
México	21	21	21	20	500	500
Finlandia	15	15	15	---	---	---
Rusia	50	50	50	50	50	50
Tajikistan	30	30	30	30	30	30
EE.UU	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Perú	102	35	40	40	40	40
Chile	176	90	52	50	50	
Marruecos	10	10	8	5	---	---
TOTAL		2000	1813	1810	2.350	2.340

Tabla 6. Productores de mercurio a nivel mundial

Fuente: USGS

⁴¹ Consultado en <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/> Enero 2016.

Los principales países desde donde se importa mercurio a Colombia son México, España, Países Bajos, Estados Unidos, Alemania, Perú, Kirguistán, Japón, Rusia, China, Reino Unido Francia e Italia. México, con 24,6% es el principal país de importación del elemento a Colombia.

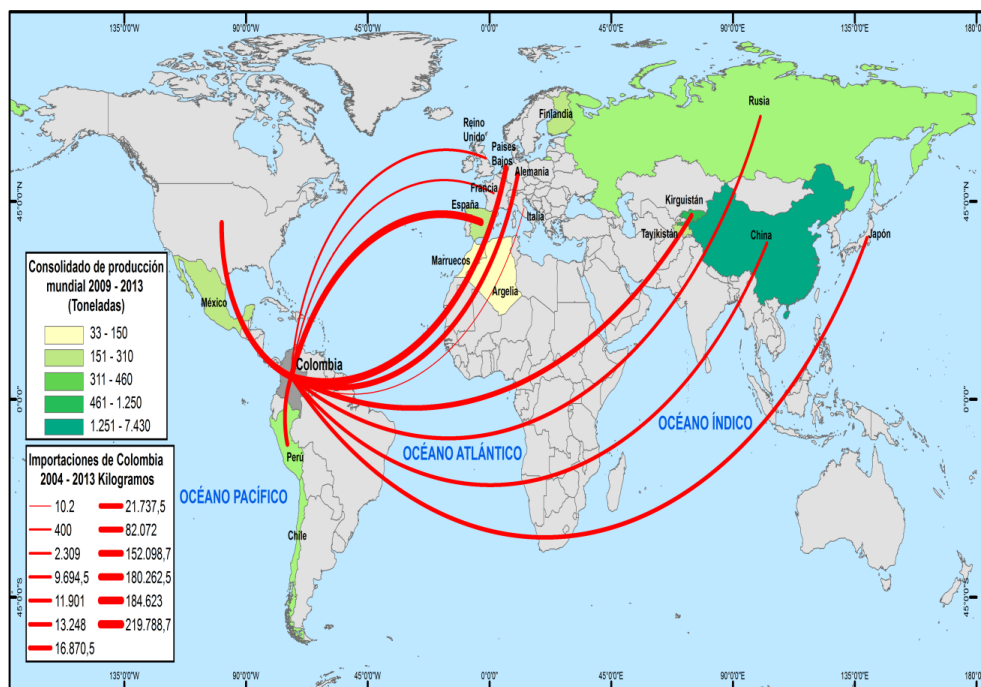
La información de los procesos de importación de mercurio en Colombia se encuentra detallada entre el 2003 y el 2014 en el estudio referenciado. Esta información se encuentra espacializada y como resultado de ese informe en el siguiente mapa se observa el movimiento de la sustancia desde los países productores hacia el territorio nacional. El mapa muestra los principales productores de mercurio a nivel mundial y los países desde donde se configura el comercio de la sustancia hacia Colombia en el periodo estudiado.

El país desde donde se importó mayor cantidad de mercurio entre 2004 y 2013 fue México con aproximadamente 230 toneladas, seguido de España, Países Bajos y Estados Unidos que fueron utilizados en los procesos empresariales en Colombia.

En cuanto al ingreso de mercurio a Colombia, no existe restricción del puerto de importación, por lo que se registran procesos de entrada de la sustancia en las aduanas de Cartagena, Barranquilla, Buenaventura, Medellín y Bogotá. Esta información se encuentra espacializada entre 2008 a 2013 y en los mapas elaborados en el estudio se describen los flujos de la sustancia desde los países exportadores hacia Colombia.

Existen cinco puntos de ingreso legal de mercurio a Colombia. En el periodo de estudio (2004 al 2013) las aduanas por donde ingreso la sustancia se ordenaron de la siguiente forma: Cartagena (83.4 %), Buenaventura (12.8 %), Medellín (3.1 %), Bogotá (0.6 %) y Barranquilla (0.1 %). Desde estos sitios de ingreso el mercurio se distribuye hacia las ciudades donde se ubican las empresas importadoras y de allí hacia los centros de consumo a través de unas rutas ya establecidas.

Producción mundial e importación de mercurio en Colombia 2004 - 2013



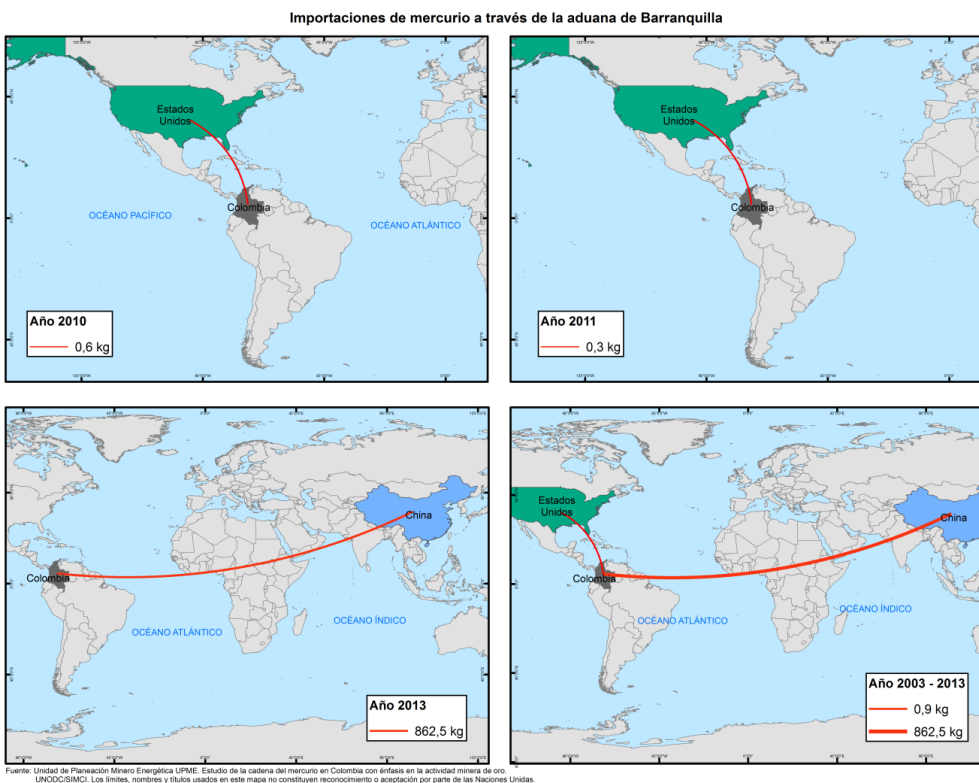
Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética UPME. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro.
UNODC/SIMCI. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas.

Mapa 3. Producción mundial e importación de mercurio a Colombia 2004 - 2013

En el siguiente mapa se encuentra detallada la información de importación de mercurio a Colombia, utilizando a Barranquilla como puerto de entrada. Como se indicó anteriormente, durante el periodo comprendido entre 2008 y 2013, el 0,1% del mercurio importado presentó su tránsito por esta aduana siendo los principales países de procedencia de la sustancia Estados Unidos y China.

Po los demás puertos de entrada a Colombia se ingresó el restante 99.9 %, siendo el más importante en ingreso del mercurio durante el periodo la ciudad de Cartagena con el 83,4% del total de importaciones de la sustancia.

La información detallada se encuentra disponible para los procesos de importación de mercurio utilizando los puertos de Cartagena, Barranquilla, Buenaventura, Medellín y Bogotá desde el año 2003 a 2013, la cual se presenta espacializada para su mejor lectura y comprensión.



Mapa 4. Importación de mercurio a través de la aduana de Barranquilla e importación de mercurio a Colombia 2003 - 2013

Después de los procesos de producción y de importación de mercurio, continúa el de distribución en Colombia hacia los sitios en los cuales se requiere y utiliza. Respecto de esta información se desarrollan las rutas de comercialización legal a nivel nacional desde los municipios importadores que corresponden a Medellín, Cartagena, Cali, Bogotá, Bucaramanga, las cuales se encuentran desarrolladas en mapas que permiten visualizar las empresas que utilizan legalmente la sustancia en el territorio nacional.

En el mapa 4 se observan la rutas de comercio legal para el mercurio en el departamento de Antioquia. Se denota que el principal flujo se realiza hacia los municipios caracterizados por actividad minera en la región. En el mismo contexto se desarrolla la temática espacializada para las capitales de departamento mencionadas con anterioridad.

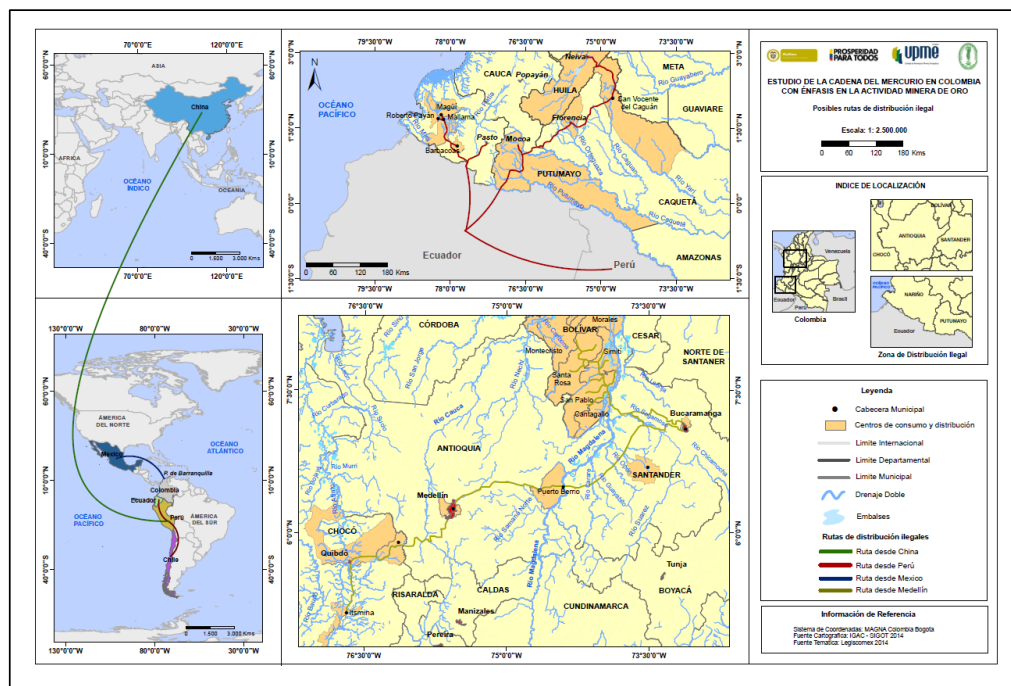
Mapa 5. Ruta de distribución legal de mercurio desde Medellín.

En cuanto al proceso de comercialización del mercurio una vez ingresa al territorio nacional, el estudio brinda información primaria recolectada a usuarios finales que utilizan la sustancia para la minería artesanal y de pequeña escala en Colombia. Esta información espacializada genera reportes en mapas que indican las posibles rutas de contrabando y distribución en el país. La información recolectada a los usuarios de mercurio en Colombia indica que se configuran rutas de distribución ilegal de la sustancia desde China, Perú y México y que una vez ingresado al país, principalmente utilizando procesos de contrabando, se distribuye, también de manera ilegal, utilizando la ciudad de Medellín como principal abastecedor para los procesos de minería en la región, especialmente en el nordeste de Antioquia. De igual forma otro departamento en donde se configura una situación similar es Nariño, en donde se distribuye ilegalmente el mercurio para ser utilizado en minería en el departamento en Putumayo, Caquetá y Huila.

Medellín es el principal distribuidor de mercurio para Antioquia, Chocó, Caldas, Bolívar y Córdoba. Las rutas de tránsito tienen en cuenta las necesidades de la sustancia en el territorio y coinciden con los municipios en los cuales se reportó Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) en estos departamentos, lo que presupone que el mercurio utilizado en esta actividad puede ser obtenido de casas comercializadoras que lo importan de manera legal.

La demanda de mercurio para las actividades especialmente en minería, desborda la capacidad de importación legal de la sustancia, lo cual ha determinado la necesidad de recurrir al contrabando como fuente de abastecimiento. Lo indicado por el estudio relacionado muestra que existen países desde los cuales se configuran procesos de contrabando de mercurio hacia Colombia.

En el siguiente mapa se muestran las rutas que se supone están surtiendo de manera ilegal el comercio de mercurio, en donde se observa que principalmente la sustancia proviene de China e que ingresa a Colombia por la frontera con el Perú, alimentando los circuitos de producción minera en el suroccidente del país. Otra ruta importante corresponde a la entrada a través de la costa atlántica colombiana de mercurio de contrabando que proviene de México, que surte de la sustancia la región norte y central de Colombia.

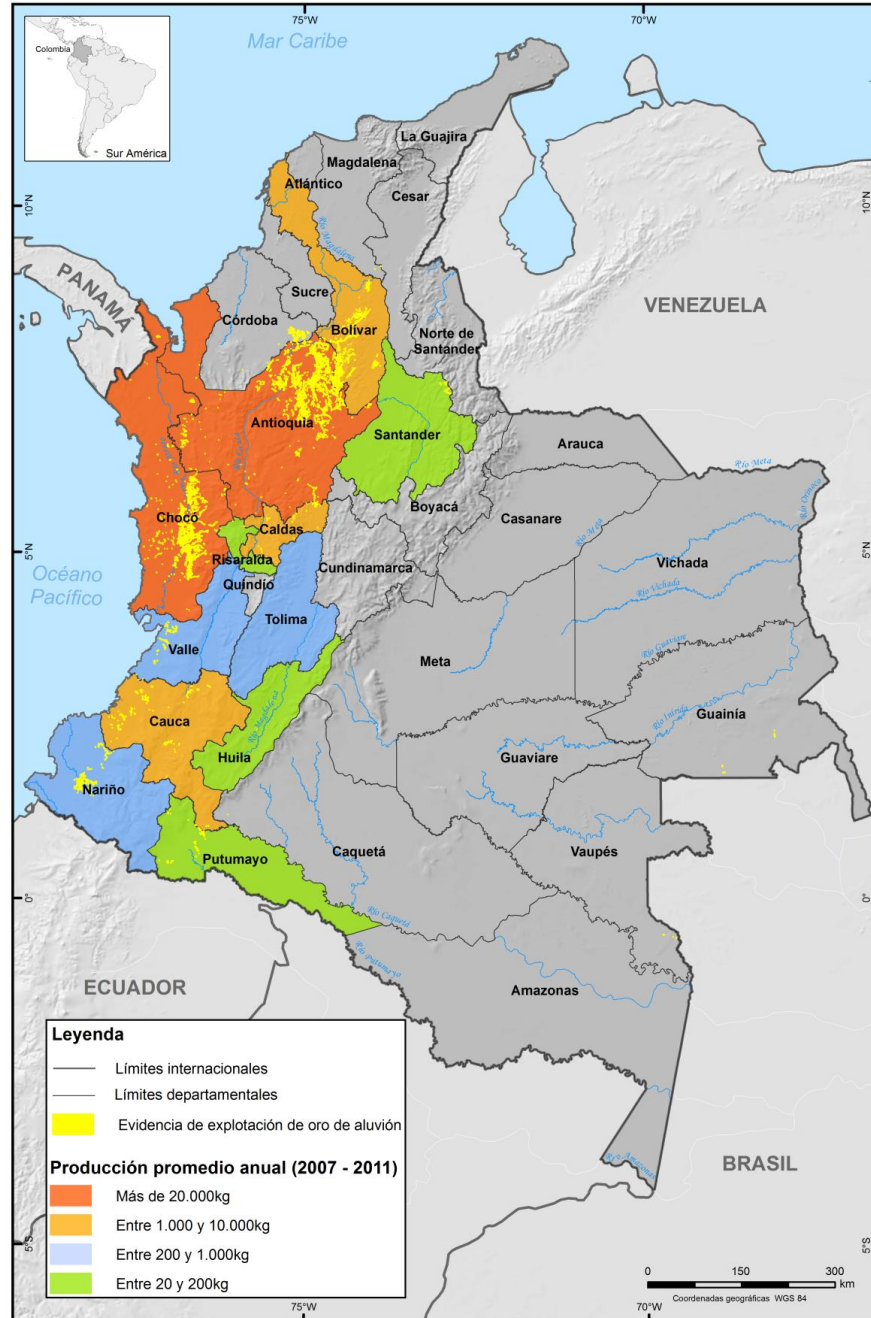


Mapa 6. Ruta de distribución ilegal de mercurio.

La información acerca de los sitios de posible contrabando. Teniendo en cuenta el uso de mercurio en las actividades de minería, la demanda de la sustancia en Colombia a nivel departamental y municipal está ligada con la actividad de explotación en el país. En el estudio se realiza una espacialización de la minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE) que permite identificar las regiones en el país en las cuales se presenta una mayor demanda de mercurio en el territorio colombiano como consecuencia de la explotación de metales preciosos, en el periodo 2007 a 2011, que se relacionan en el siguiente mapa.

Como consecuencia de la actividad minera, especialmente de extracción de oro, se dan la utilización de mercurio en Colombia, por lo tanto, existen regiones en las que se hace necesaria una mayor cantidad de la sustancia, con las consecuencias de su uso para la contaminación de los ecosistemas.

Localización geográfica de municipios con minería aurífera artesanal y en pequeña escala MAAPE en Colombia.



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo Apoyado por UNODC
Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas
Sinopsis Nacional De La Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala. Acuerdo No. Mc/4030-09-042203
Programa De Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente - PNUMA, Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible- MADS

Mapa 7. Localización geográfica de la MAAPE en Colombia.

En el mapa se observa que coinciden en densidad la Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) y los departamentos en los cuales se reportó mayor producción de oro por Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO) en el año 2014 y que corresponden a Antioquia, Chocó y Bolívar.

La minería del oro de tipo artesanal y de pequeña escala utiliza mercurio por facilidad, rapidez y economía en la recuperación del oro libre, por lo cual prefiere en muchos casos la amalgamación sobre otras técnicas. La amalgamación es el proceso de MAAPE que consume mercurio.

En la siguiente tabla se relaciona la producción de oro por año en el periodo 2010 a 2014 a nivel municipal y la presencia de Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) durante 2014. La recolección de información primaria, realizada en el estudio referenciado, estableció que Antioquia, Bolívar, Cauca, Nariño, Chocó, Córdoba y Risaralda son los departamentos en los cuales existe una mayor demanda de mercurio para la explotación minera, los cuales se encuentran asociados a la producción de oro y a la Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA).

PRODUCCIÓN DE ORO POR MUNICIPIO EN GRAMOS Y PRESENCIA DE EVOA EN HECTÁREAS							
SITIOS	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	EVOA 2014
EL BAGRE	2.413.563,82	2.997.045,86	5.548.356,27	6.774.193,67	6.137.262,97	23.870.422,59	3191,66
SEGOVIA	1.707.979,75	1.409.732,79	2.619.803,16	5.150.498,57	4.617.978,72	15.505.992,99	1203,00
TARAZÁ	5.622.609,16	4.811.966,97	2.847.181,93	1.397.024,37	1.625.540,80	16.304.323,23	1275,48
NÓVITA	3.006.102,71	6.527.715,25	6.852.091,41	3.029.283,37	732.492,44	20.147.685,18	5175,12
REMEDIOS	933.415,90	1.329.401,94	1.994.515,52	1.847.385,57	4.058.211,43	10.162.930,36	1084,85
ISTMINA	6.324.412,38	337.489,48	2.397.484,28	3.030.207,67	2.225.750,31	14.315.344,12	5069,15
CAUCASIA	763.174,30	1.231.921,77	3.628.812,96	5.657.161,38	3.444.058,59	14.725.129,00	1220,49
MACEO	1.672,00	5.100,61	9.036,85	1.232,69	348,60	17.390,75	0,17
ZARAGOZA	844.960,48	1.143.259,54	2.081.285,84	1.241.054,91	1.998.117,31	7.308.678,08	4887,32
EL CANTÓN DEL SAN PABLO	2.673.371,80	3.912.375,27	1.567.668,45	837.854,33	651.914,44	9.643.184,29	4023,63
MARMATO	1.109.847,91	1.219.396,61	1.331.655,38	1.269.992,64	1.260.122,92	6.191.015,46	4,53
SIMITÍ	2.319.947,54	473.908,89	571.366,25	509.499,09	755.208,87	4.629.930,64	1533,68
QUIBDÓ	186.283,84	373.832,96	2.179.004,06	2.517.666,69	1.993.461,14	7.250.248,69	2840,41
SIPÍ	988.883,49	5.075.370,67	1.614.032,48	658.187,19	433.376,49	8.769.850,32	662,36
MEDIO BAUDÓ	4.572.203,99	1.645.510,16	999.414,52	345.165,58	0,00	7.562.294,25	165,90
UNIÓN PANAMERICANA	1.705.210,03	644.624,53	3.482.136,88	563.255,67	261.541,70	6.656.768,81	2467,68
NECHÍ	2.314.825,78	1.618.891,82	514.298,42	543.059,01	498.710,39	5.489.785,42	6232,38
CONDOTO	245.860,70	2.698.805,69	974.179,72	1.351.727,55	1.467.893,39	6.738.467,05	4543,41
TIMBIQUÍ	162.494,82	484.642,58	1.134.689,89	1.759.909,00	2.533.332,98	6.075.069,27	457,75
CÁCERES	1.160.968,58	261.816,61	843.556,40	904.196,50	623.336,55	3.793.874,64	3374,37
SANTA ROSA DEL SUR	1.365.869,29	987.840,75	1.416.110,69	1.137.915,77	1.028.658,49	5.936.394,99	1755,04

PRODUCCIÓN DE ORO POR MUNICIPIO EN GRAMOS Y PRESENCIA DE EVOA EN HECTÁREAS							
SITIOS	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	EVOA 2014
CAÑASGORDAS	408.332,85	1.771.106,57	4.005.942,53	483.905,22	65.978,22	6.735.265,39	----
VEGACHÍ	832.927,71	299.891,41	1.065.356,37	272.636,01	2.406.939,60	4.877.751,10	316,47
ATRATO	601.053,56	14.326,30	26.978,26	557.117,71	1.251.757,07	2.451.232,90	567,94
BUENOS AIRES	106.656,86	120.123,97	564.434,01	499.447,02	797.175,66	2.087.837,52	102,73
TADÓ	215.733,97	134.171,89	2.023.599,94	751.734,25	307.982,91	3.433.222,96	1814,32
CÉRTEGUI	704.479,80	2.134.550,81	338.199,65	38.530,26	0,00	3.215.760,52	1158,75
MONTECRISTO	1.071.149,76	1.386.859,96	203.387,09	50.340,11	28.038,05	2.739.774,97	3128,62
BARBACOAS	45.271,59	107.649,40	453.197,01	165.715,78	1.780.037,33	2.551.871,11	965,89
ALTO BAUDÓ	809.093,67	2.986.346,64	5.145,42	0,00	0,00	3.800.585,73	30,34
MAGÜI	91.297,31	28.284,34	295.803,65	1.080.932,24	1.446.442,33	2.942.759,87	306,45
LLORÓ	781.109,45	255.446,56	212.418,68	250.701,86	839.085,55	2.338.762,10	524,81
SAN PABLO	760.790,71	1.665.535,75	371.536,40	110.616,50	142.230,53	3.050.709,89	---
ROBERTO PAYÁN	0,00	0,00	544.714,25	1.472.355,61	837.293,32	2.854.363,18	89,22
BUENAVENTURA	407.874,18	74.753,74	537.094,48	644.528,14	693.815,97	2.358.066,51	1542,05
SANTA BÁRBARA	18.105,36	35.157,80	924.535,78	638.053,29	21.112,35	1.636.964,58	179,29
SUÁREZ	153.796,08	99.971,01	364.042,52	850.167,21	283.786,29	1.751.763,11	---
BURITICÁ	188.817,94	143.662,18	196.478,86	748.818,20	726.513,85	2.004.291,03	---
ANORÍ	254.223,77	150.119,02	97.161,20	273.117,83	804.490,07	1.579.111,89	1055,98
AMALFI	235.216,01	184.674,83	362.227,51	295.912,66	516.055,40	1.594.086,41	---
ANGOSTURA	87.672,04	1.213.634,04	583.554,67	272.796,62	0,00	2.157.657,37	807,20
INÍRIDA	22.427,57	29.709,35	148.425,79	165.541,45	1.118.943,60	1.485.047,76	---
MEDIO ATRATO	20.335,30	300.675,09	663.535,10	322.690,29	295.661,06	1.602.896,84	2405,43
AYAPEL	180.730,48	58.478,77	414.971,33	412.457,81	494.984,96	1.561.623,35	3418,04
RÍO QUITO	0,00	24.470,18	162.172,23	455.378,97	405.235,22	1.047.256,60	1586,24
MORALES	0,00	231.809,60	1.120.936,81	0,00	264.766,41	1.617.512,82	33,41
EL CHARCO	37.630,80	170,52	0,00	24.169,34	1.050.742,27	1.112.712,93	56,26
SONSON	19.380,37	13.971,03	12.424,25	3.078,25	3.303,79	52.157,69	309,30
SAN ANDRES DE TUMACO	39.145,95	12.877,42	26.656,96	2.520,68	6.426,40	87.627,41	78,84
GUAPI	19.521,92	38.174,61	273.220,18	109.140,36	128.454,34	568.511,41	81,22
RIOSUCIO	1.047.576,36	0,00	0,00	0,00	0,00	1.047.576,36	226,84
TIQUISIO	92.538,38	66.295,59	277.768,89	209.716,65	358.652,68	1.004.972,19	99,49
BAGADÓ	72.421,47	128.546,05	233.479,86	309.153,10	190.153,75	933.754,23	123,56

PRODUCCIÓN DE ORO POR MUNICIPIO EN GRAMOS Y PRESENCIA DE EVOA EN HECTÁREAS							
SITIOS	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	EVOA 2014
SANTANDER DE QUILICHAO	3.565,32	6.746,07	107.049,20	856.027,75	256.324,36	1.229.712,70	84,82
LÍBANO	119.668,01	119.138,53	111.712,96	125.126,60	176.937,82	652.583,92	---
ACANDÍ	9.186,22	927,93	2.993,96	0,00	216.591,99	229.700,10	---
RÍO IRÓ	21.589,23	515.917,07	290.047,83	2.082,09	0,00	829.636,22	806,49
PATÍA	121.549,90	3.509,73	217.002,00	119.223,91	141.963,56	603.249,10	37,25
SAN ROQUE	178.101,24	108.804,38	71.479,12	13.680,40	897,04	372.962,18	41,48
LÓPEZ	159.396,33	79.593,24	275.179,59	93.101,37	98.013,56	705.284,09	340,87
SANTA ISABEL	117.394,52	63.577,92	112.987,31	102.396,74	64.133,82	460.490,31	---
RIOSUCIO	1.144,45	1.830,28	110.257,20	183.937,52	240.899,98	538.069,43	---
EL TAMBO	0,00	33.621,85	142.588,76	113.399,44	43.399,74	333.009,79	103,77
MEDIO SAN JUAN	24.837,91	88.434,26	349.441,48	41.340,65	0,00	504.054,30	1515,34
QUINCHÍA	33.153,38	31.527,85	116.533,04	160.691,42	225.246,08	567.151,77	---
UNGUÍA	5.424,04	0,00	0,00	2.492,92	4.280,44	12.197,40	90,88
PUERTO NARE	7.717,31	16.867,44	4.186,56	2.149,34	19.515,58	50.436,23	---
TITIRIBÍ	191.980,97	100.885,53	7.868,04	0,00	0,00	300.734,54	5,64
PUERTO BERRÍO	8.750,60	10.186,72	412.430,86	62.223,27	89.850,33	583.441,78	---
VALDIVIA	179.541,65	101.444,28	34.921,38	134.457,48	54.190,31	504.555,10	304,42
NOROSÍ	0,00	321.487,51	14.687,87	95.064,21	89.642,71	520.882,30	237,79
CALI	67.564,14	98.821,91	88.977,96	11.058,40	21.893,23	288.315,64	---
LA LLANADA	49.871,90	26.127,29	186.582,41	98.628,83	3.825,05	365.035,48	---
PUERTO LIBERTADOR	32.702,41	9.067,48	339.349,78	77.935,10	1.879,42	460.934,19	27,32
INZÁ	296.898,11	242.995,76	0,00	0,00	0,00	539.893,87	---
FRONTINO	201.100,95	4.005,67	22.733,77	6.591,64	3.733,64	238.165,67	4,25
VILLAMARÍA	7.764,38	7.698,35	92.678,77	29.209,42	270.639,15	407.990,07	---
VETAS	40.205,08	47.939,13	24.734,61	27.608,54	119.681,50	260.168,86	41,78
NEIVA	789,95	1.784,66	254.003,94	209.951,75	3.815,48	470.345,78	---
BOJAYA	402.767,89	0,00	0,00	241,25	0,00	403.009,14	118,34
EL CARMEN DE ATRATO	111.688,64	110.010,64	37.918,34	60.774,91	37.767,00	358.159,53	50,01
SAN JACINTO DEL CAUCA	0,00	206.744,23	111.350,37	79.679,19	0,00	397.773,79	16,83
BUENAVISTA	322.586,20	0,00	0,00	0,00	0,00	322.586,20	---
MANIZALES	58.331,04	8.005,16	111.967,76	90.454,49	54.825,99	323.584,44	10,76
CUMBITARA	19.088,28	13.471,29	226.229,66	58.530,85	11.050,51	328.370,59	---

PRODUCCIÓN DE ORO POR MUNICIPIO EN GRAMOS Y PRESENCIA DE EVOA EN HECTÁREAS							
SITIOS	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	EVOA 2014
LOS ANDES	19.783,52	5.726,73	164.418,85	28.019,04	3.685,19	221.633,33	---
SANTAFÉ DE ANTIOQUIA	4.131,44	4.926,67	59.206,72	31.875,61	211.672,61	311.813,05	---
ATACO	213.811,36	27.729,22	7.787,79	32.785,08	2.757,37	284.870,82	---
LA APARTADA	93.599,68	0,00	0,00	0,00	0,00	93.599,68	11,72
SUPÍA	1.534,19	3.487,72	47.617,14	56.985,36	100.306,36	209.930,77	0,44
YALÍ	60.005,69	29.396,04	15.641,26	1.728,49	17.529,91	124.301,39	161,73
CALIFORNIA	7.068,05	12.175,25	3.399,21	21.024,58	151.724,54	195.391,63	81,36
CARACOLÍ	12.046,37	1.476,32	24.833,50	17.223,62	0,00	55.579,81	---
BARRANCO DE LOBA	72.107,40	56.540,35	0,00	549,21	13.138,42	142.335,38	37,71
ARMENIA	18.168,24	0,00	34.022,56	30.845,53	31.149,36	114.185,69	2,16
ARENAL	69.072,86	11.745,37	28.587,25	39.961,02	50.227,58	199.594,08	77,20
ANDES	3.890,02	4.110,47	15.853,15	46.855,28	12.426,94	83.135,86	1,55
MEDELLÍN	6.135,22	21.836,91	60.368,89	0,00	0,00	88.341,02	---
SAN MARTÍN DE LOBA	1.578,60	3.048,66	283,97	4.749,72	13.409,22	23.070,17	158,17
BRICEÑO	17.651,24	63.676,83	74.415,52	2.922,16	0,00	158.665,75	---
ANSERMA	783,84	7.091,62	19.470,25	30.510,06	84.508,33	142.364,10	---
SAN CARLOS	835,01	96,61	0,00	1.232,18	441,71	2.605,51	---
ANZA	130.132,85	410,19	2.965,64	2.457,80	1.286,91	137.253,39	9,00
BARBOSA	11.612,44	20.898,91	17.066,11	15.653,41	41.508,85	106.739,72	---
IQUIRA	18.452,01	20.506,83	6.042,47	31.441,22	44.092,85	120.535,38	---
RÍO VIEJO	6.949,65	11.109,57	8.636,38	312,78	2.131,85	29.140,23	268,42
GINEBRA	42.513,70	6.057,45	4.389,14	1.674,88	1.350,93	55.986,10	---
BOLÍVAR	3.856,30	10.257,31	50.823,62	17.929,77	10.263,34	93.130,34	3,41
CONCEPCIÓN	525,38	386,37	0,00	5.916,45	0,00	6.828,20	---
PALERMO	187,83	3.045,35	31.168,91	13.332,23	51.768,26	99.502,58	---
YOLOMBÓ	3.143,05	8.285,41	25.959,22	21.175,99	7.312,40	65.876,07	39,62
SAN JOSÉ DEL PALMAR	82,30	526,90	26.071,23	28.178,17	2.699,77	57.558,37	127,02
TESALIA	24.035,73	4.300,05	195,50	1.334,92	7.290,18	37.156,38	4,13
NORCASIA	13.185,76	1.479,32	13.629,91	2.711,29	3.405,36	34.411,64	38,44
MUTATÁ	43,52	96,80	3.865,47	58.343,30	11.911,22	74.260,31	---
SAN LUIS	1.680,13	1.898,60	9.001,93	1.838,35	10.745,20	25.164,21	39,31
SANTA ROSA DE OSOS	1.984,07	86,70	292,96	23.566,84	40.113,20	66.043,77	---

PRODUCCIÓN DE ORO POR MUNICIPIO EN GRAMOS Y PRESENCIA DE EVOA EN HECTÁREAS							
SITIOS	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	EVOA 2014
SANTACRUZ	2.326,43	2.590,81	549,36	15.390,98	26.962,07	47.819,65	---
CISNEROS	1.636,93	388,57	40.196,00	15.395,56	647,09	58.264,15	---
SAN JOSÉ DE URÉ	3.364,04	0,00	0,00	0,00	0,00	3.364,04	78,74
URRAO	3.189,70	0,00	14.499,59	342,87	0,00	18.032,16	12,96
GUADALUPE	310,00	460,85	31.076,18	32.429,98	0,00	64.277,01	10,24
SIBUNDOY	0,00	19.428,43	37.223,42	0,00	0,00	56.651,85	2,01
SANTO DOMINGO	5.167,17	433,17	32.136,00	16.674,13	1.121,12	55.531,59	75,44
PUERTO LEGUÍZAMO	7.425,60	37.026,62	4.374,77	572,46	5.920,35	55.319,80	---
GIRARDOTA	1.403,60	294,47	1.879,13	264,90	172,97	4.015,07	---
MISTRATÓ	2.091,50	4.459,14	27.169,32	17.057,14	12.134,03	62.911,13	7,43
CARTAGENA	3.720,21	0,00	0,00	0,00	0,00	3.720,21	---
SANTA ROSA DE CABAL		0,00	247,95	0,00	225,85	473,80	---
GÓMEZ PLATA	7.742,36	2.240,88	13.565,69	16.179,89	3.626,54	43.355,36	---
BELLO	6.688,29	5.662,96	7.758,84	2.993,10	410,23	23.513,42	---
POPAYÁN	5.610,19	3.043,20	9.905,39	1.032,44	3.258,35	22.849,57	---
JARDÍN	7.439,70	9.114,03	521,06	0,00	0,00	17.074,79	---
SABANALARGA	733,37	832,94	1.365,49	12.285,23	16.930,85	32.147,88	---
FILADELFIA	0,00	0,00	550,65	32.240,80	6.529,55	39.321,00	---
NEIRA	0,00	216,30	8.707,37	25.274,86	6.578,13	40.776,66	---
PALESTINA	365,27	0,00	0,00	2.148,77	34.309,26	36.823,30	---
COYAIMA	4.516,32	5.458,07	2.194,39	1.842,78	4.020,33	18.031,89	---
PEREIRA	0,00	0,00	19.469,97	6.477,89	1.189,42	27.137,28	---
ABRIAQUÍ	6.314,19	6.830,60	3.603,15	8.431,22	1.166,41	26.345,57	---
ITUANGO	0,00	0,00	746,58	3.585,73	4.491,49	8.823,80	29,41
CALOTO	0,00	199,99	21.690,10	2.094,49	9.804,34	33.788,92	21,45
SANTA ROSA	2.966,09	4.123,13	4.237,40	10.934,70	1.977,64	24.238,96	---
CHINCHINÁ	0,00	0,00	0,00	12.201,57	21.450,10	33.651,67	---
BAJO BAUDÓ	0,00	4.932,68	0,00	0,00	38,07	4.970,75	73,59
MOCOA	4.378,34	13.100,94	1.986,43	1.202,18	2.229,88	22.897,77	23,22
VICTORIA	4.169,52	15.159,47	7.497,45	0,00	0,00	26.826,44	2,33
HATILLO DE LOBA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,57
CHAPARRAL	14.485,87	666,38	381,95	750,77	0,00	16.284,97	---

PRODUCCIÓN DE ORO POR MUNICIPIO EN GRAMOS Y PRESENCIA DE EVOA EN HECTÁREAS							
SITIOS	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	EVOA 2014
VALLE DE SAN JUAN	0,00	84,17	20.028,59	5.255,09	0,00	25.367,85	---
LIBORINA	12.362,46	7.042,90	0,00	519,83	0,00	19.925,19	---
SAN RAFAEL	3.824,73	2.417,84	3.834,94	1.149,91	2.598,48	13.825,90	---
SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA	415,85	19.672,46	2.959,17	644,94	0,00	23.692,42	---
RETIRO	4.549,36	2.674,92	356,38	0,00	392,98	7.973,64	---
VENADILLO	4.025,36	14.425,27	3.451,92	0,00	0,00	21.902,55	---
IBAGUÉ	6.786,04	947,44	0,00	7.343,88	0,00	15.077,36	---
FRESNO	1.449,15	10.745,30	9.113,87	0,00	0,00	21.308,32	---
POLICARPA	3.830,24	161,13	1.209,77	2.259,15	0,00	7.460,29	---
LA DORADA	3.364,76	3.331,02	1.603,35	1.225,73	1.386,79	10.911,65	15,02
APARTADÓ	75,63	18.461,07	0,00	0,00	0,00	18.536,70	---
PUERTO GUZMÁN	0,00	2.879,42	113,41	1.510,66	1.265,00	5.768,49	122,10
BELMIRA	3.815,71	1.194,77	2.916,39	1.338,95	1.701,35	10.967,17	---
NARIÑO	0,00	2.383,09	10.845,17	3.624,42	0,00	16.852,68	15,25
DABEIBA	3.282,95	935,15	3.795,20	2.861,28	0,00	10.874,58	12,20
BELÉN DE UMBRÍA	0,00	0,00	0,00	56,07	16.756,50	16.812,57	---
ARGELIA	636,87	1.665,70	6.021,06	6.397,26	1.027,97	15.748,86	3,26
MONTELÍBANO	271,55	0,00	824,29	849,60	0,00	1.945,44	5,82
ALEJANDRÍA	150,21	0,00	0,00	4.508,97	0,00	4.659,18	---
CAICEDO	0,00	979,11	0,00	0,00	0,00	979,11	---
LA TEBAIDA	0,00	1.729,92	10.621,70	0,00	0,00	12.351,62	---
BARRANQUILLA	0,00	95,29	9.194,91	0,00	0,00	9.290,20	---
TARAIRA	7.975,44	642,20	109,29	0,00	0,00	8.726,93	14,72
YONDÓ	1.801,71	380,08	0,00	1.034,13	0,00	3.215,92	80,79
GUACARÍ	41,77	8.517,23	0,00	0,00	0,00	8.559,00	---
CALDAS	11.986,13	104,27	6,47	0,00	129,00	12.225,87	---
ORITO	62,85	0,00	0,00	4.209,29	5.921,30	10.193,44	121,52
SAMANÁ	0,00	3.552,46	7.508,86	386,67	0,00	11.447,99	31,29
CARTAGO	139,78	3.280,28	0,00	0,00	0,00	3.420,06	---
CÚCUTA	3.607,89	1.955,27	0,00	0,00	0,00	5.563,16	---
SANTA MARTA	416,32	0,00	262,38	0,00	0,00	678,70	---
YUMBO	172,69	6.965,03	1.891,24	0,00	0,00	9.028,96	---

PRODUCCIÓN DE ORO POR MUNICIPIO EN GRAMOS Y PRESENCIA DE EVOA EN HECTÁREAS							
SITIOS	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	EVOA 2014
BUCARAMANGA	6.553,01	244,20	779,00	0,00	0,00	7.576,21	---
SOLANO	3.081,18	3.068,17	0,00	0,00	0,00	6.149,35	---
MONTERÍA	4.413,46	1.630,09	3.879,23	0,00	0,00	9.922,78	---
SAN FRANCISCO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,84
TOLEDO	1.183,77	842,46	691,07	557,96	5.936,99	9.212,25	---
FALAN	0,00	0,00	8.362,92	0,00	0,00	8.362,92	---
ABEJORRAL	0,00	12,89	1.097,30	1.805,50	231,31	3.147,00	---
LÉRIDA	0,00	5.958,95	2.548,36	0,00	0,00	8.507,31	---
TULUÁ	683,83	993,21	3.205,19	909,70	266,11	6.058,04	---
AGUADAS	0,00	1.832,08	84,67	73,08	96,04	2.085,87	---
RIONEGRO	45,02	798,87	0,00	2.079,86	0,00	2.923,75	---
LA SIERRA	0,00	477,98	850,01	30,64	5.973,63	7.332,26	138,94
LA MERCED	0,00	0,00	0,00	3.415,01	3.698,72	7.113,73	3,11
PUERTO CAICEDO	67,61	0,00	0,00	2.043,51	5.428,64	7.539,76	38,61
MANZANARES	0,00	0,00	0,00	6.942,08	509,46	7.451,54	6,51
SAMANIEGO	398,91	0,00	0,00	0,00	43,16	442,07	---
IPIALES	1.274,10	2.712,94	2.081,32	0,00	0,00	6.068,36	---
CALDONO	0,00	0,00	0,00	1.979,87	637,29	2.617,16	---
JAMUNDÍ	241,25	910,00	744,56	304,71	599,82	2.800,34	---
PALMIRA	1.792,68	161,21	1.159,62	0,00	0,00	3.113,51	---
GUADALAJARA DE BUGA	0,00	0,00	5.122,33	0,00	0,00	5.122,33	---
LA ESTRELLA	62,70	1.191,26	125,82	1.486,24	250,52	3.116,54	---
SANTA BÁRBARA	84,91	0,00	0,00	4.286,75	0,00	4.371,66	---
PUERTO TRIUNFO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,57
QUIMBAYA	2.504,01	0,00	40,68	0,00	0,00	2.544,69	---
TARQUI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---
VILLAGARZÓN	1.233,18	936,05	180,21	0,00	98,54	2.447,98	21,53
VILLA DEL ROSARIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---
CAREPA	761,60	460,50	309,13	169,38	0,00	1.700,61	---
DONMATÍAS	146,81	2.028,10	939,32	0,00	305,00	3.419,23	---
PLANETA RICA	457,73	0,00	592,33	1.257,26	0,00	2.307,32	---
SALENTO	0,00	0,00	12,85	20,00	0,00	32,85	---

PRODUCCIÓN DE ORO POR MUNICIPIO EN GRAMOS Y PRESENCIA DE EVOA EN HECTÁREAS							
SITIOS	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	EVOA 2014
EL BANCO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,83
BUESACO	331,83	0,00	0,00	0,00	0,00	331,83	---
DAGUA	0,00	0,00	0,00	104,16	0,00	104,16	1,78
COLÓN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,47
CASABIANCA	204,26	0,00	0,00	0,00	0,00	204,26	---
RIOHACHA	216,16	0,00	0,00	0,00	0,00	216,16	---
MOMPÓS	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	---
BAHÍA SOLANO	0,00	122,10	0,00	0,00	0,00	122,10	---
PENSILVANIA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,15
SAN CARLOS	89,58	0,00	0,00	0,00	0,00	89,58	---
YARUMAL	52,76	0,00	0,00	0,00	0,00	52,76	---
CALIMA	7,69	20,51	0,00	0,00	0,00	28,20	26,18
GIGANTE	0,00	0,00	0,00	0,00	45,66	45,66	---
SAN LUIS	0,00	0,00	0,00	11,77	0,00	11,77	---
CONCORDIA	0,00	6,62	0,00	0,00	0,00	6,62	9,21
CANDELARIA	0,00	2,14	0,00	0,00	0,00	2,14	---
CARAMANTA	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,46	---

Tabla 7. Producción de oro en Colombia por municipio entre 2010 y 2014 y EVOA en 2014

Fuente: Sistema de Información Minero Colombiano. Consultado enero de 2016 en

http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=116&grupo=496&

El análisis de la producción de oro reportada oficialmente en Colombia y la presencia de Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) muestra que sólo tres municipios (El Bagre, Itzmina y Zaragoza) se encuentran listados simultáneamente entre los diez productores de oro y afectados por EVOA. Esta situación se puede explicar desde dos ópticas: La primera tiene que ver con el método de obtención por filón, que no necesariamente se encuentra relacionado con la evidencia que deja la explotación de oro y la segunda debido al subregistro en el proceso de comercialización del oro, pues no necesariamente se reporta en el municipio donde se obtiene o se produce.

Es necesario establecer con profundidad las dinámicas de producción del oro en estos territorios y determinar si se presenta coincidencia entre la producción y afectación por EVOA, teniendo en cuenta las anteriores condiciones de métodos de producción y de proceso de comercialización.

Existen veinticinco (25) municipios en los cuales se detectó EVOA, pero que no aparecen reportes de su producción de oro. Los principales corresponden a Vigía del Fuerte y Murindó en Antioquia en donde se presentaron un total de 267,03 hectáreas afectadas, de Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA). Lo anterior denota la necesidad de realizar estudios en profundidad que permitan conocer las dinámicas productivas del oro, con el fin de determinar si la afectación en el territorio está ligada a los procesos de extracción y comercialización del metal.

En la siguiente tabla se relacionan los municipios en los cuales se reportó mayor producción de oro en 2014, comparado con aquellos en donde se presentaron las mayores áreas de afectación por la presencia de EVOA.

PRODUCCIÓN			AFECTACIÓN		
LUGAR EN PRODUCCIÓN	MUNICIPIO	PRODUCCIÓN DE ORO EN 2014 (g)	LUGAR EN EVOA	MUNICIPIO	ÁREA AFECTADA 2014 (ha)
1	EL BAGRE	6.137.262,97	1	NECHÍ	6.232,38
2	SEGOVIA	4.617.978,72	2	NÓVITA	5.175,12
3	REMEDIOS	4.058.211,43	3	ISTMINA	5.069,15
4	CAUCASIA	3.444.058,59	4	ZARAGOZA	4.887,32
5	TIMBIQUÍ	2.533.332,98	5	CONDOTO	4.543,41
6	VEGACHÍ	2.406.939,60	6	EL CANTÓN DEL SAN PABLO	4.023,63
7	ISTMINA	2.225.750,31	7	AYAPEL	3.418,04
8	ZARAGOZA	1.998.117,31	8	CÁCERES	3.374,37
9	QUIBDÓ	1.993.461,14	9	EL BAGRE	3.191,66
10	BARBACOAS	1.780.037,33	10	MONTECRISTO	3.128,62

Tabla 8. Principales municipios con producción de oro en Colombia y EVOA en 2014

Fuente: Sistema de Información Minero Colombiano. Consultado enero de 2016 en http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=116&grupo=496&

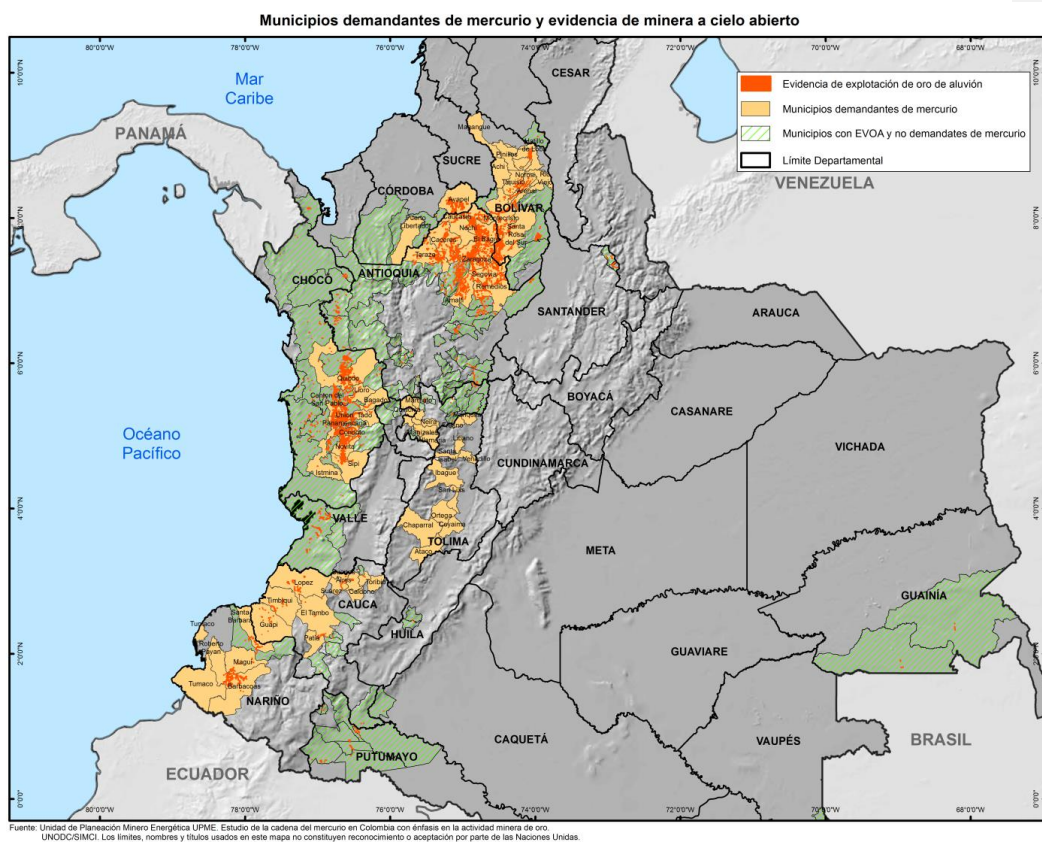
La anterior dinámica presupone la existencia de zonas en Colombia con alta demanda de mercurio, geográficamente localizadas en regiones caracterizadas por la explotación minera, que en el estudio son localizadas geográficamente y descritas en mapas que relacionan la demanda de la sustancia en los departamentos con vocación minera. Los municipios demandantes de mercurio con fines de explotación minera se encuentran ubicados en su orden en los siguientes departamentos:

- Antioquia
- Bolívar
- Cauca
- Nariño
- Chocó.
- Córdoba
- Risaralda

En el siguiente mapa se relacionan los municipios demandantes de mercurio y la Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA). En él se puede observar que coinciden significativamente los núcleos en los cuales se ha determinado la presencia EVOA y los municipios demandantes de mercurio en Colombia, lo que denota una alta relación entre la explotación minera y el uso de la sustancia en los procesos de beneficio del oro.

La demanda de mercurio en estas regiones en Colombia coincide con los estudios sobre la temática de afectaciones puntuales sobre los ecosistemas los cuales se evidencian en la presencia de la sustancia depositada en el ambiente (sedimentos), en la dieta alimenticia de la región (pescado) y en las muestras tomadas en cabello humano a los habitantes que se consideran expuestos a l uso e mercurio en el proceso

del oro en la región⁴²

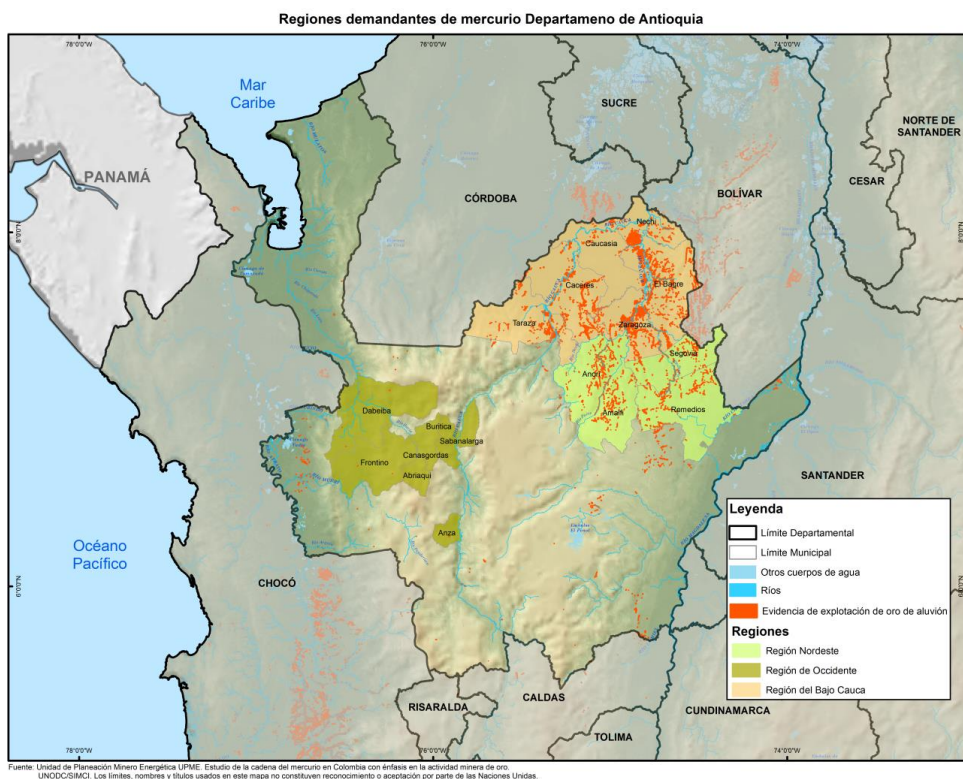


Mapa 8. Municipios de demandantes de mercurio en Colombia y EVOA (2014).

A continuación se desarrolla la tematica relacionada con la producción de oro a nivel departamental, la presencia de EVOA en el territorio y la demanda de mercurio en los sitios principalmente afectados en el país. Los departamentos representativos en esta dinamica son Antioquia, Chocó , Bolívar, Córdoba, Cauca, Caldas, Nariño y Tolima.

⁴² Olivero, Jesús, Johnson, Boris. El lado gris de la minería del oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia. oscuro de la minería de oro JESÚS OLIVERO VERBEL. Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas 2002. Pp 78-83.

Antioquia se ha caracterizado desde el 2001 como el principal productor de oro en Colombia. Su geografía ha sido dividida en tres regiones auríferas correspondientes al Bajo Cauca, Nordeste y Occidente. . En el siguiente mapa se observan las regiones en las cuales se ha dividido la explotación de oro en Antioquia y su relación con la Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA).



Mapa 9. Regiones demandantes de mercurio en Antioquia y EVOA (2014).

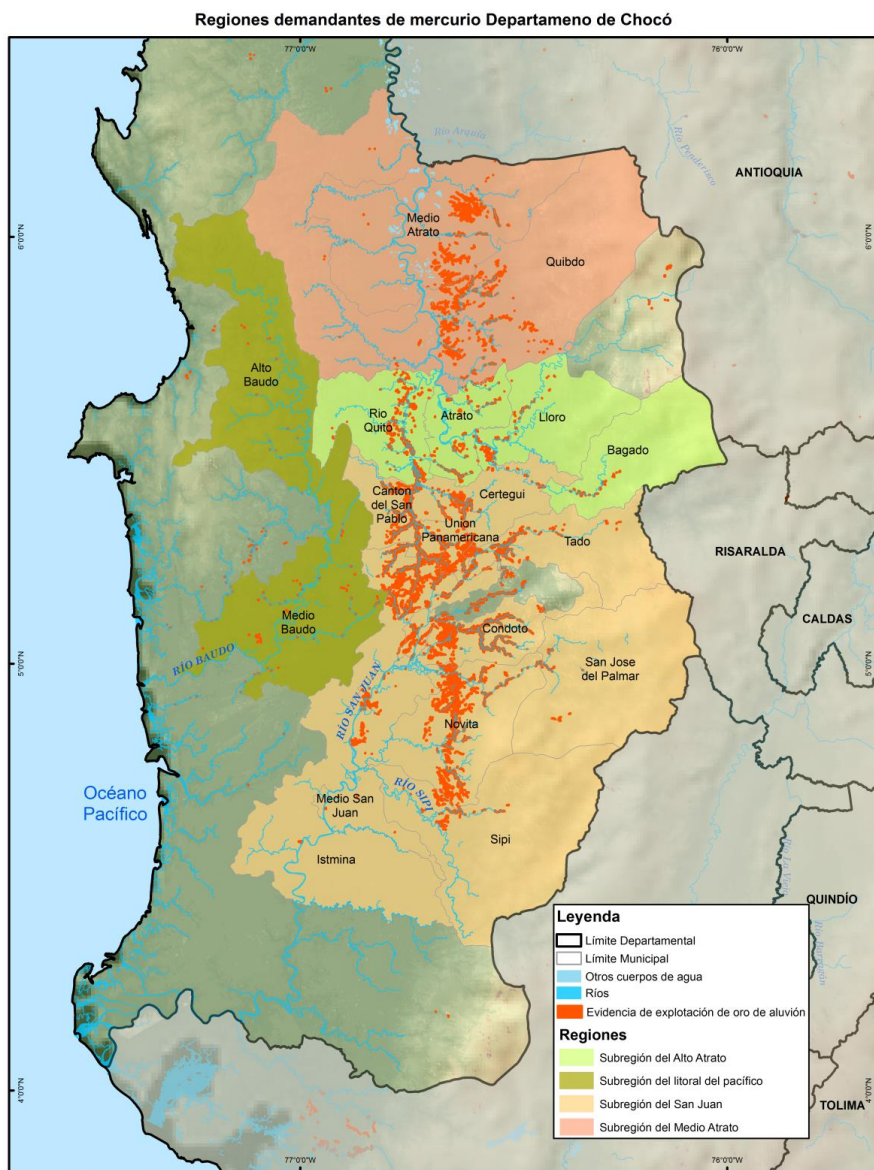
La región del Bajo Cauca es la que mayor cantidad de oro produce en el departamento y está compuesto por los municipios de El Bague, Nechí, Caucasia, Tarazá, Zaragoza, Cáceres

En esta región se encuentra ubicada la mayor explotación aluvial del país de propiedad de Mineros S.A. que realiza su operación por el método de terrazas de corte y relleno mediante dragas de cucharas y de succión, dentro de las cuales se lleva a cabo el proceso de beneficio del oro.

La región del Nordeste es la segunda en producción departamental y se encuentra compuesta por los municipios de Anorí, Amalfi, Remedios y Segovia, en donde principalmente el beneficio del oro se realiza por el uso del mercurio, que luego es retirado por medio de quema de la amalgama formada.

Por último, la región de Occidente, es la tercera en producción departamental y se encuentra geográficamente representada por los municipios de Buritica, Cañasgordas, Dabeiba, Frontino, en donde se utiliza el mercurio con frecuencia en el proceso del beneficio del oro. En esta región predomina la minería de filón, por lo que no se presenta una densidad importante en la detección de EVOA.

La producción chocoana de oro aluvial es el caso más extraordinario en Colombia pues hasta 2002 tenía valores inferiores a la tonelada que crecieron lentamente hasta 2008 llegando a 3.3 t, al año siguiente tuvo un incremento del 225 % (10.8 t) y en 2010 registró un nuevo aumento del 126 % (24.5 t), es decir, que entre 2004 y 2011 ocurrió un crecimiento cercano a 3200 %. El máximo histórico se presentó en 2011 (27.9 t) y desde entonces ha decreció un 45.7 % para llegar a 15.15 t en 2013. En el siguiente mapa se muestran las principales características de la producción de oro en Chocó y la relación con la Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA).



Mapa 10. Regiones demandantes de mercurio en Chocó y EVOA (2014).

La producción chocoana de oro aluvial es el caso más extraordinario en Colombia pues hasta 2002 tenía valores inferiores a la tonelada que crecieron lentamente hasta 2008 llegando a 3.3 t, al año siguiente tuvo un incremento del 225 % (10.8 t) y en 2010 registró un nuevo aumento del 126 % (24.5 t), es decir, que entre 2004 y 2011 ocurrió un crecimiento cercano a 3200 %. El máximo histórico se presentó en 2011 (27.9 t) y desde entonces ha decreció un 45.7 % para llegar a 15.15 t en 2013.

El departamento está subdividido en cinco subregiones según criterios hidrográficos.

- Subregión del río San Juan.
- Subregión del Litoral del Pacífico.
- Subregión Alto Atrato
- Subregión del Medio Atrato.
- Subregión del Bajo Atrato.

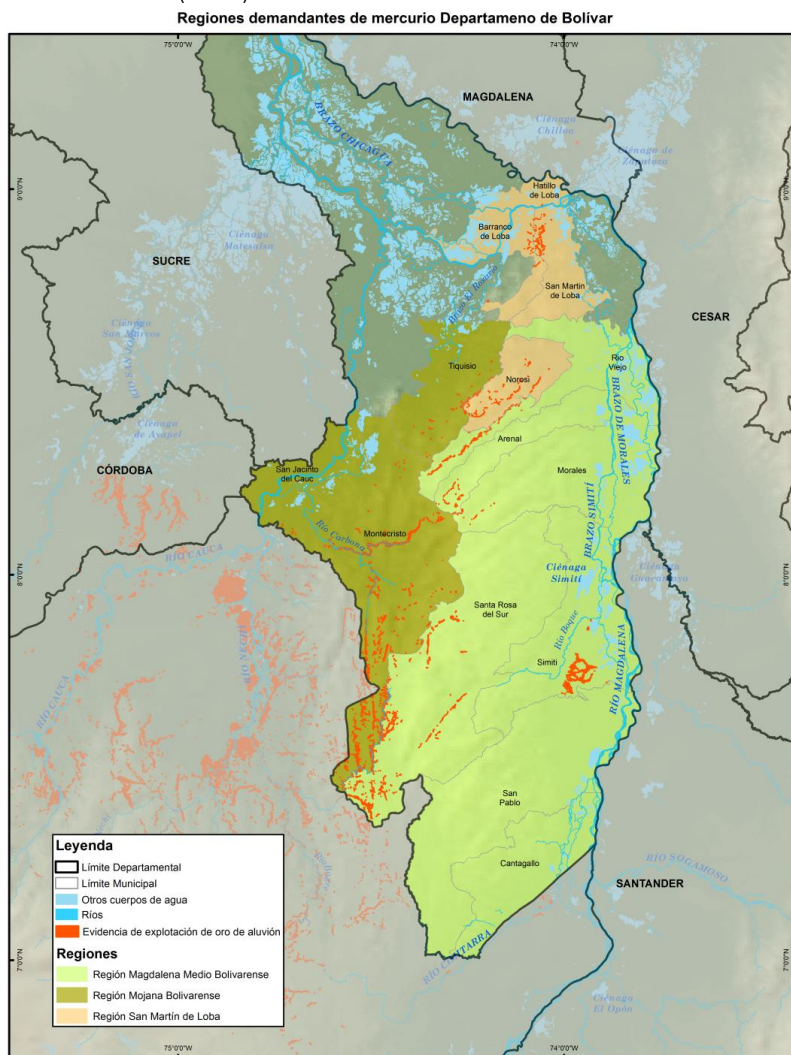
La subregión del San Juan no sólo agrupa el mayor número de municipios (11) sino que ha producido la mayor cantidad de oro y registra los crecimientos más vertiginosos en la extracción al pasar de 0.6 t en 2001 a 21.8 t en 2012. En segundo lugar y muy alejada en cantidad extraída está la subregión del Medio Atrato, a la que pertenece Quibdó.

En las regiones relacionadas con anterioridad se presenta una fuerte presencia de Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión, lo que determina que la minería comúnmente utilizada en la de aluvión.

La preocupación por la contaminación con mercurio proveniente de la actividad minera ha comprometido a organizaciones gubernamentales y no gubernamentales en orientar a los mineros hacia la práctica de minería más limpia, es decir a eliminar gradualmente el uso de mercurio en la explotación de los metales preciosos. La Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCO) desde 2006 ha interactuado con los mineros para introducir métodos en la minería que eliminen el uso del mercurio y reduzcan su efectos al utilizar prácticas de recuperación adecuada de la sustancia.

Bolívar es el segundo productor histórico de oro con 42.8 t que representan el 8.9 % del total nacional en el lapso de análisis (2001 – 2013). Sus reportes extractivos indican una producción errática que se inicia con un incremento abrupto entre 2002 (1.9 t) y 2003 (6.9 t) cuando alcanza su punto máximo para descender drásticamente a 0.4 t en 2007 e iniciar un nuevo ciclo de crecimiento que alcanza un segundo máximo histórico en 2010 (5.8 t) desde donde desciende hasta 2.2 t en 2013.

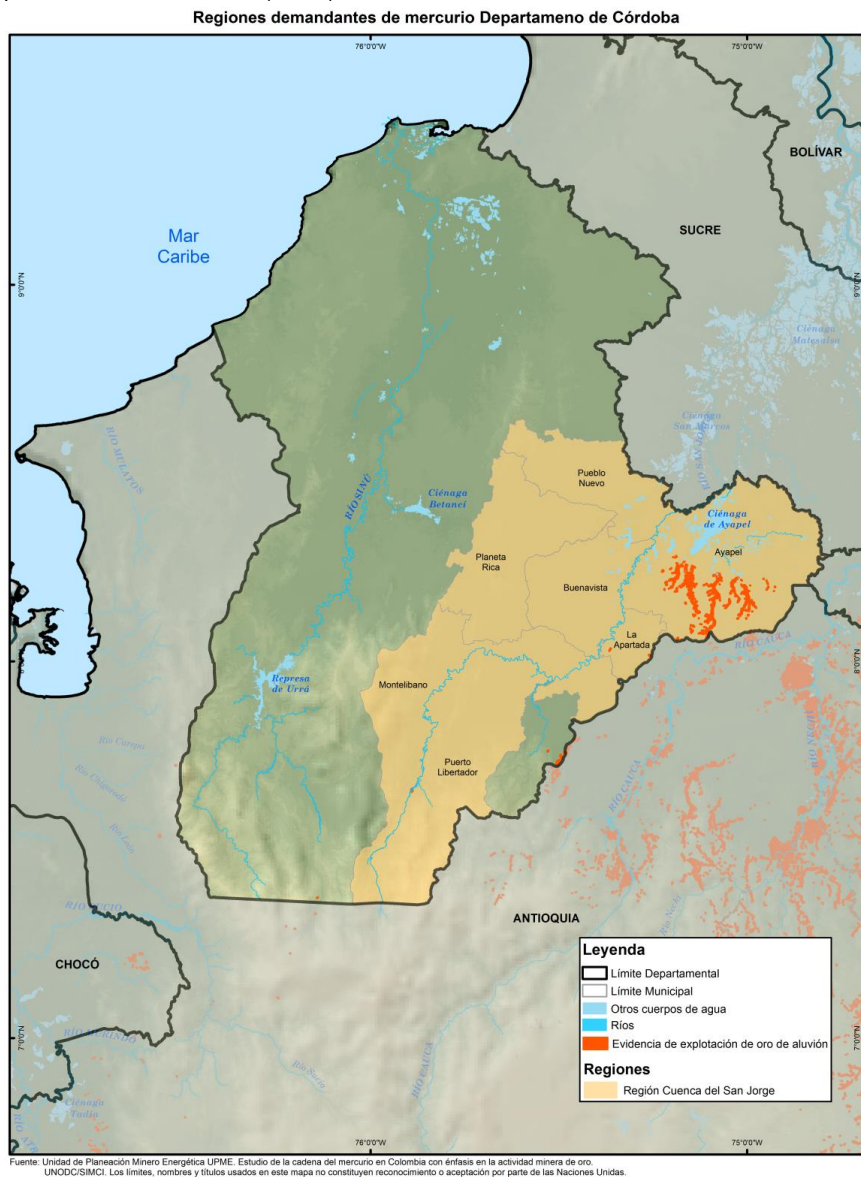
En el siguiente mapa se relacionan los municipios con vocación minera de oro en Bolívar y la Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) en 2014.



Mapa 11. Regiones demandantes de mercurio en Bolívar y EVOA (2014).

De los cuatro distritos mineros existentes en el departamento, tres son auríferos y se encuentran en la serranía de San Lucas: Mojana Bolivarense, San Martín de Loba y Magdalena Medio Bolivarense.

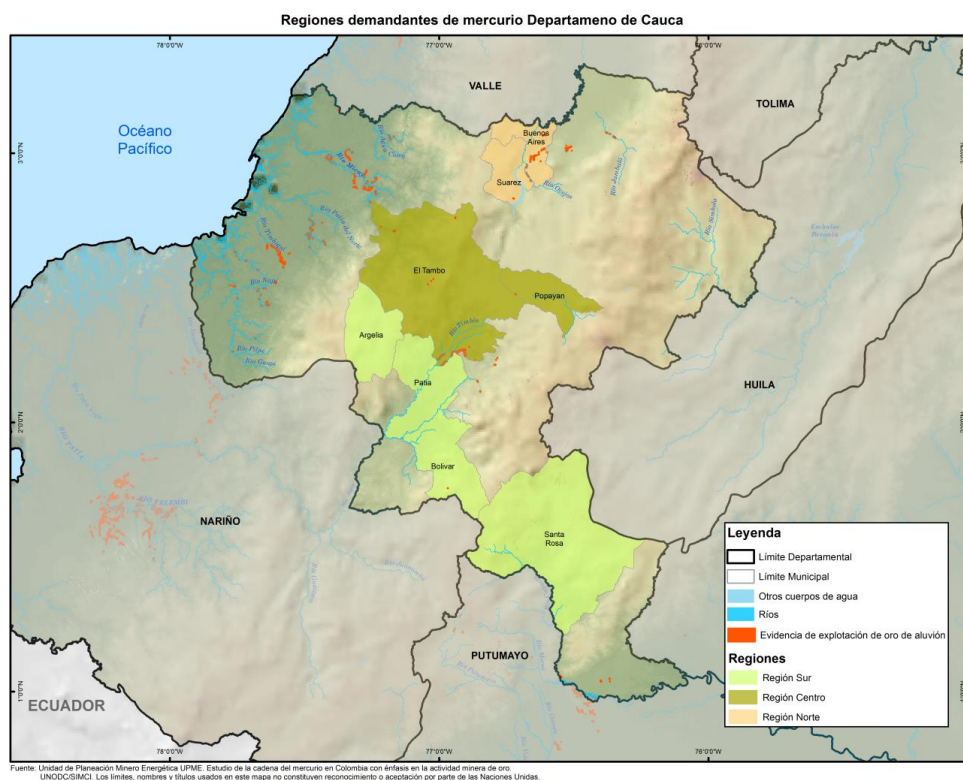
En el siguiente mapa se relacionan los municipios con vocación minera de oro en Córdoba y la Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) en 2014



Mapa 12. Regiones demandantes de mercurio en Córdoba y EVOA (2014).

De los 30 municipios cordobeses, 12 muestran algún registro de producción de oro y siete contabilizan el 99 % del total extraído en los últimos 13 años. El departamento está dividido en tres regiones: la cuenca del San Jorge, la cuenca del río Sinú y la zona litoral.

En Cauca los depósitos auríferos de la parte central y norte han sido explotados desde la época precolombina con esporádicos periodos de apogeo. Recientemente se está utilizando la amalgamación para algunas actividades reduciendo el consumo de mercurio.



Mapa 13. Regiones demandantes de mercurio en Cauca y EVOA (2014).

Cuatro de las cinco regiones en que se subdivide el departamento son auríferas: región Sur, región Centro, región Norte y la región Occidente. La región sur Compuesta por los municipios de Patía, Argelia, Bolívar y Santa Rosa representa la minería aluvial del departamento efectuada en los depósitos del río Patía y sus afluentes Sambingo y Guachicón. En Bolívar existen explotaciones subterráneas y a cielo abierto.

III La región Centro está compuesta por los municipios de El Tambo y Popayán, la capital del departamento, en donde se desarrolla una importante actividad de explotación de oro principalmente de manera subterránea.

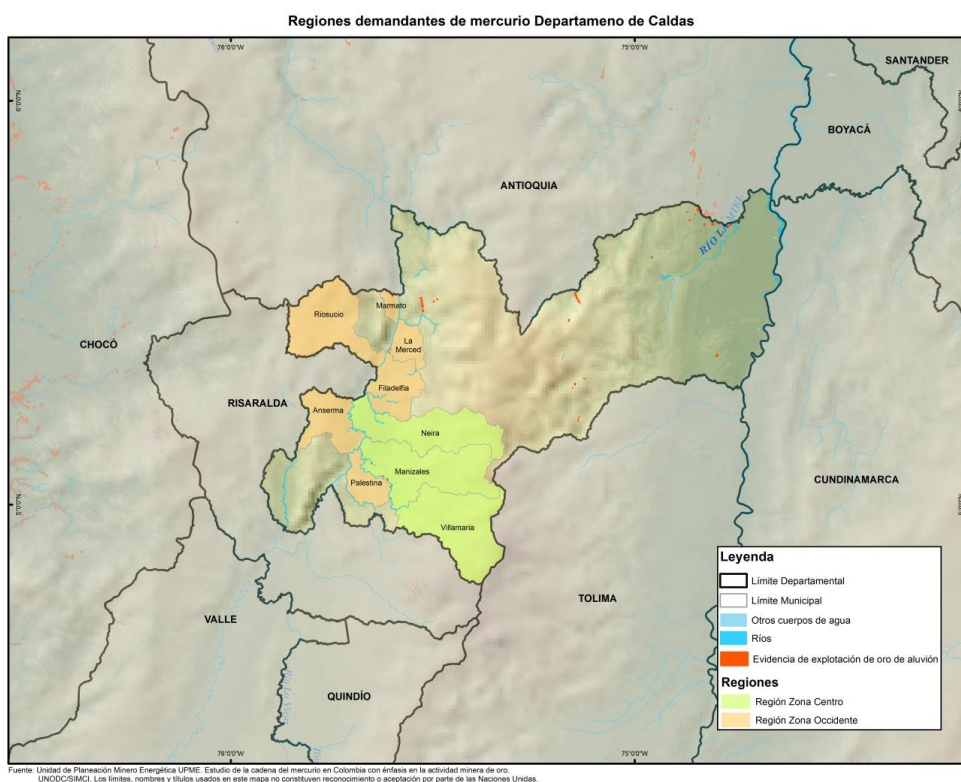
La región Norte predomina la actividad minera subterránea con avances menores a 50 metros pues debido a las características de la roca se dificulta el arranque manual, a lo que se suma el fracturamiento de la roca que genera derrumbes. El uso del mercurio está bastante extendido en la región; no obstante, los mineros han comenzado a reducir su uso aplicándolo solo al material concentrado. Esta región está compuesta por los municipios de Buenos Aires, Suarez, Santander de Quilichao y Miranda.

En la región Occidente La minería se realiza en depósitos de placer originados en la erosión de las rocas de la cordillera Occidental. La minería se realiza excavando manualmente para obtener el material que será llevado al beneficio por métodos gravimétricos combinados con amalgamación. Los municipios más importantes de esta región donde se concentra la explotación de oro son Timbiquí, López de Micay y Guapi.

En Caldas se presentan tres zonas productoras de oro: la zona Occidente que corresponde con el cañón del río Cauca, la zona Centro circunvecina a Manizales y el Magdalena Caldense en las estribaciones orientales de la cordillera Oriental.

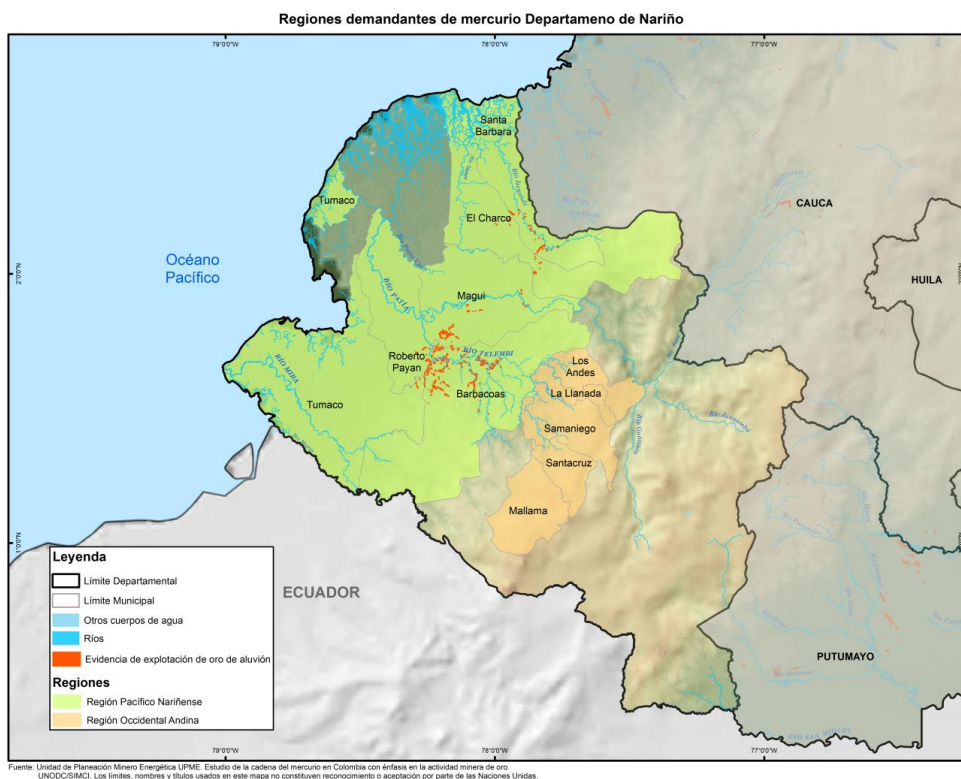
La zona Occidente comprende los municipios de Marmato y Riosucio, en donde el material obtenido en las operaciones subterráneas es concentrado gravimétricamente y por medio de cianuración.

La zona centro está conformada por Manizales, Neira, Villa María y Chinchiná con una producción acumulada a lo largo de los 13 años evaluados es de una tonelada.



Mapa 14. Regiones demandantes de mercurio en Caldas y EVOA (2014).

De los 64 municipios que conforman el departamento de Nariño, 18 registran alguna producción entre 2003 y 2013. Existen cinco regiones nariñenses y en todas se reporta producción aurífera siendo la región Pacífico la de mayor producción histórica (6.1 t), seguida por la Occidental Andina (2.7 t), las otras tres regiones muestran cantidades menores así: región Sur (41 kg), región Norte (28 kg) y región Central (12 kg).

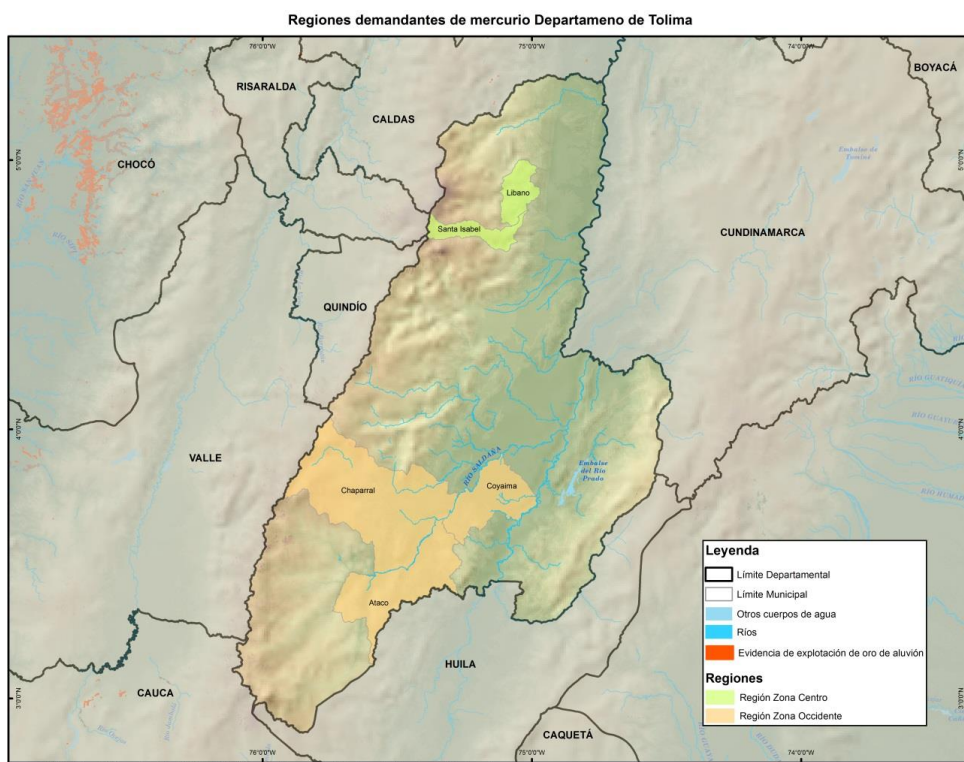


Mapa 15. Regiones demandantes de mercurio en Nariño y EVOA (2014).

La región Pacífico corresponde a los municipios de Roberto Payán, Magu Payán, Barbacoas, El Charco, Santa Bárbara (Iscuandé) y Tumaco. Esta región es la responsable del 69.2 % del oro nariñense obtenido en los últimos 13 años. A partir de 2010 esta región se convirtió en la mayor proveedora de oro nariñense al concentrar el 81.3 % (5 t) del total acumulado entre 2012 y 2013.

La región Andina hasta 2009 era la mayor producción aurífera del departamento encabezada por el municipio de La Llanada que reportó 0.9 t entre 2003 y 2013, seguido por Los Andes y Cumbitara ambos con 0.6 t. Santa Cruz alcanzó las 0.5 t y, finalmente, Mallama reportó 0.1 t y Samaniego 0.05 t. El oro se obtiene mediante minería subterránea no tecnificada. Los mayores consumidores de mercurio están en los municipios de Mallama y Santa Cruz, en particular las minas Diamante, Bombona, Paraíso, La Dorada y Porvenir.

La minería tolimese se remonta a épocas precolombinas, sin embargo, el mayor conocimiento se tiene desde que en 1551 se fundó Mariquita debido a las minas de oro que comenzaban a abrirse en sus alrededores, tanto aluviales como de veta. El departamento está subdividido en cuatro provincias dos de ellas (Nevados y Sur) con vocación minera y las dos (Ibagué y Norte) con algunos reportes menores de producción.



Mapa 16. Regiones demandantes de mercurio en Tolima y EVOA (2014).

TOMO 2. ESTUDIO DE LA CADENA DEL MERCURIO EN COLOMBIA CON ÉNFASIS EN LA ACTIVIDAD MINERA DE ORO.

- Capítulo 5. Evaluación cualitativa de los riesgos para el medio ambiente en las zonas donde se utiliza el mercurio. Se identificaron cinco (5) regiones en los siete (7) departamentos con mayor actividad minera y uso de mercurio y se caracterizaron tres (3) zonas altamente contaminadas con mercurio (zonas calientes) y se realizó evaluación cualitativa de riesgos para el ambiente por medio de una matriz de impactos ambientales y una evaluación cuantitativa mediante muestras tomadas en campo para análisis en el laboratorio (agua, suelos y plantas). Toda la información fue espacializada geográficamente, en especial las zonas calientes del uso del mercurio.

La información en este aparte del estudio se encuentra enfocada en la descripción de los efectos ambientales de la utilización del mercurio en la explotación de oro, geográficamente localizada en la selección de las áreas consideradas de interés para muestreo de mercurio de los ocho departamentos con mayor producción del metal para el período comprendido entre 2001 y 2013 según los reportes de las autoridades mineras correspondientes, es decir, Minercol (2001 – 2003), Ingeominas (2004 – 2010) y Agencia Nacional de Minería (2011 – 2013). Se identificaron 75 municipios distribuidos en 19 regiones, caracterizadas espacialmente, con relevancia para el análisis de consumo de mercurio en los ocho departamentos analizados así: cuatro en Chocó, tres en Antioquia y Bolívar, dos en Córdoba, Caldas, Nariño y Tolima y una en Cauca. Se introdujo la variable “**zona caliente**” definiéndola como **áreas con liberación importante de mercurio al ambiente**.

La metodología de selección de las zonas calientes se fundamentó en el análisis de informes y estadísticas de las siguientes fuentes:

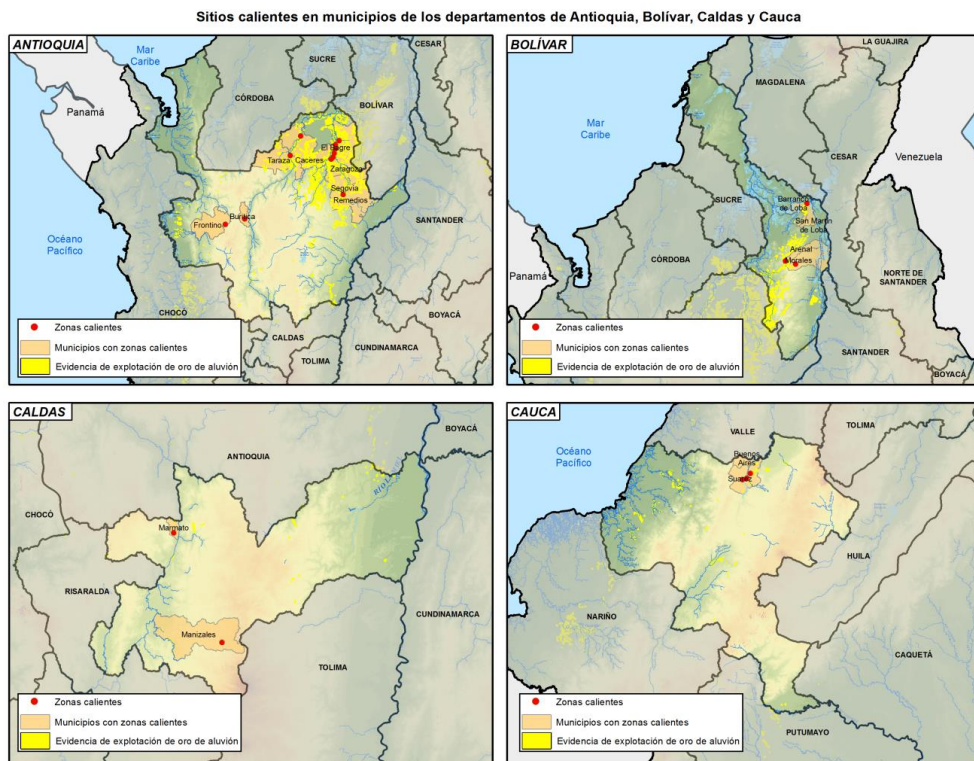
- Estadísticas históricas del Sistema de Información Minero Colombiano-SIMCO, el resultado de este proceso fue la identificación de los departamentos con mayor producción de oro en los últimos diez años (2003 a 2013)
- Censos mineros Departamentales.
- Datos de producción de la Agencia Nacional de minería y el Banco de la República.
- Los informes de advertencia de la Contraloría General de la República sobre este tema hechos al Ministerio de Minas y Energía.

La metodología presentó como resultado la asignación de **zonas calientes** en los departamentos de Antioquia (Frontino, Buriticá, Segovia, Zaragoza, El Bagre, Remedios, Tarazá y Cáceres); Chocó (Lloró, Tadó, Unión Panamericana, Animas y Condoto); Bolívar (Arenal, Morales, Barranco de Loba y San Martín de Loba); Córdoba (Puerto Libertador); Caldas (Marmato y Manizales); Cauca (Suarez y Buenos Aires); Nariño (Los Andes, Colón y Mallama); Tolima (Ataco y Chaparral); Risaralda (Quinchia).

Los mapas que a continuación se presentan, contienen información de la presencia de territorios en los que se ha determinado alta afectación por la presencia de mercurio y localización de Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA).

En Antioquia, los municipios de Tarazá, Cáceres, El Bagre, Zaragoza, Segovia y Remedios se clasificaron como zonas calientes, por presentar liberaciones importantes de mercurio al ambiente. En estos municipios ubicados en el nordeste antioqueño también se presentan la mayor Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) en Antioquia, lo que determina afectaciones al ecosistema y a los habitantes de esta región por su contacto con el mercurio.

En el noroccidente el departamento se ubicaron los municipios Frontino y Buritacá que los estudios han clasificado también como zonas calientes. En estos municipios se presenta la explotación de oro de filón, que no es compatible con la Evidencia de Oro de Aluvión (EVOA)



Mapa 17. Zonas calientes en Antioquia, Bolívar, Caldas y Cauca y su relación con EVOA en 2014..

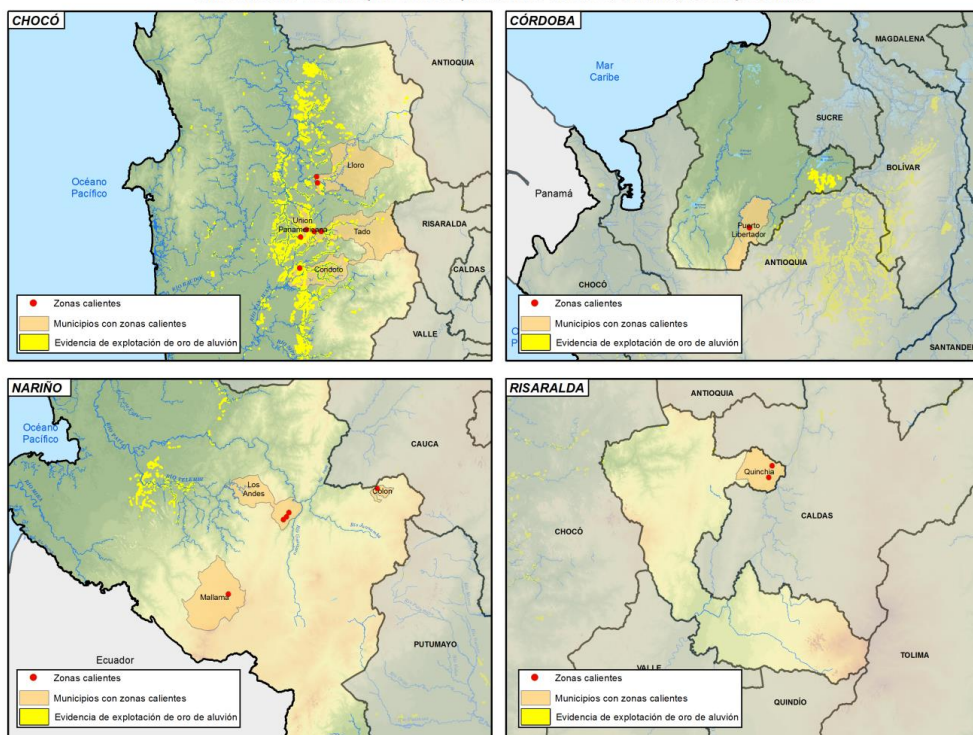
En el caso de Bolívar, los municipios que se consideran zonas calientes corresponden a Barranco de Loba, San Martín de Loba, Arenal y Morales, en los cuales hay coincidencia entre liberaciones importantes de mercurio al ambiente y la Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión.

En el caso de Caldas, en los municipios considerados con importantes liberaciones de mercurio al medio ambiente corresponden a Marmato y Manizales. En estos municipios se presenta principalmente la minería de oro tipo filón, por lo que no se presenta Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA).

Para el departamento del Cauca se determinaron zonas calientes en los municipios de Buenavista y Suarez, en los que coincide detección de Evidencia de Extracción de Oro de Aluvión (EVOA), lo que determina la asociación entre la explotación de oro y el uso y descarga de mercurio al medio ambiente

Las zonas calientes en Chocó fueron identificadas en los municipios de Lloró; Unión Panamericana, Tadó y Condotó. Estos municipios se caracterizan en Colombia por poseer 9.350,3 hectáreas afectadas con Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA), lo que denota gran afectación del territorio por la extracción de oro, alta demanda y alta descarga de mercurio con las consecuentes afectaciones en los ecosistemas y en la salud de sus habitantes.

Sitios calientes en municipios de los departamentos de Chocó, Córdoba, Nariño y Risaralda

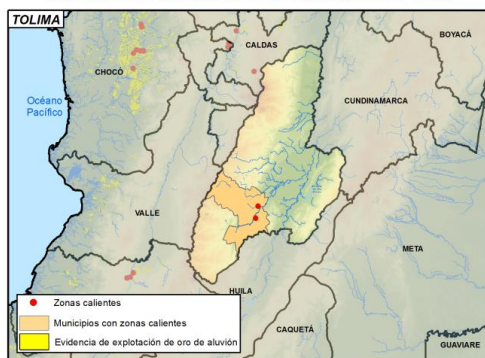


Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética UPME. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro. UNODC/SMCI. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas.

Mapa 17 (Continuación). Zonas calientes en Chocó, Córdoba, Nariño y Risaralda.

En el caso de Córdoba, Nariño, Risaralda y Tolima, los municipios clasificados son como zonas calientes fueron Puerto Libertador, Los Andes, Mallama, Colón y Quinchía. En estos municipios la minería utilizada principalmente corresponde a filón y la escarga de mercurio al ambiente se da por esta técnica de extracción, lo que determina la ausencia de Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA)

Sitios calientes en municipios de los departamento de Tolima



Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética UPME. Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro. UNODC/SMCI. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas.

Mapa 17 (Continuación). Zonas calientes en Tolima.

En las zonas calientes identificadas se llevó a cabo un procedimiento de muestreo con el propósito de recolectar muestras para identificar las afectaciones ambientales del uso de mercurio. Estas muestras fueron:

- Agua superficial de procesos
- Sedimento de corriente
- Suelos
- Plantas.

Las conclusiones de este capítulo en el estudio referenciado permiten establecer que las zonas con mayores concentraciones de mercurio en las matrices ambientales corresponden a los departamentos de Antioquia, Sur de Bolívar, Cauca, Nariño y Risaralda, derivadas del manejo no adecuado del mercurio en los procesos de minería aurífera.

TOMO 3. ESTUDIO DE LA CADENA DEL MERCURIO EN COLOMBIA CON ÉNFASIS EN LA ACTIVIDAD MINERA DE ORO.

El objetivo de este capítulo fue el de realizar un estudio técnico detallado de las zonas calientes identificadas, para correlacionar la información de la demanda de estas regiones con respecto a personas naturales y/o jurídicas que ejercen la actividad de beneficio de oro de manera formal, identificando el tipo de minería y la proporción de mercurio que es usado por la minería formal, informal y barequeros en cada una de las regiones.

- Capítulo 6. Estudio técnico detallado de las zonas calientes identificadas, para correlacionar la información de la demanda de estas regiones con respecto a personas naturales y/o jurídicas que ejercen la actividad de beneficio de oro de manera formal, identificando el tipo de minería y la proporción de mercurio que es usado por la minería formal, informal y barequeros en cada una de las regiones. Estimación de la demanda total del mercurio en las principales zonas calientes del país.
- Capítulo 7. Balance de masa para los departamentos con la principal actividad minera en Colombia. Balance de masa del mercurio en el proceso por medio de la relación entre el oro producido y el mercurio no recuperado en el proceso.
- Capítulo 8. Uso del mercurio en el proceso aurífero. Espacialización de los distritos mineros auríferos. Cálculos de consumo anual de mercurio en los distritos mineros. Cálculos de descarga anual de mercurio en los distritos mineros. Espacialización de los sitios calientes de explotación de oro en Colombia.
- Capítulo 9. Propuestas de mejores opciones para el manejo integral del suelo y agua contaminados con mercurio en la actividad minera aurífera. Medidas sustitutivas para el mercurio en minería.

El consumo anual de mercurio fue estimado por la producción de oro de aluvión y de filón por medio de la siguiente expresión matemática:

Consumo anual de mercurio (kg)

$$= \text{Producción de oro anual (kg)} * \frac{100 \text{ kg oro Ley 750}}{75 \text{ kg oro Ley 999,99}} * \frac{75}{100} *$$

$$[\frac{A \text{ kg Hg}}{\text{kg oro}} (\% \text{ Filón}) + \frac{B \text{ kg Hg}}{\text{kg oro}} (\% \text{ Aluvión})]$$

Fuente: Sinopsis Nacional de la Minería Artesanal y a Pequeña Escala

En donde A es el uso de mercurio en minería de filón, de acuerdo con el distrito minero y B es el uso del mercurio en minería aluvial, de acuerdo con el distrito minero.

En la siguiente tabla se relaciona las variables A y B para los distritos minero en Colombia

DISTRITOS MINEROS	Uso promedio de mercurio g Hg / g de oro recuperado	
	FILÓN	ALUVIÓN
El Tambo - Buenos Aires, Costa Pacífica Sur, La Llanada, Mercaderes, Tesalia - Aipe, Cali- El Dovio, Ataco - Payandé, Vetas, Putumayo	14,6	13,5
Frontino	27,7	-
Itsmína	-	7,0
Lobas, Magdalena Medio Bolivarense, Mojana Bolivarense	97,5	11,1
Montelíbano	5,7	6,4
Nordeste Antioqueño	25,0	9,7
Vetas - California	3,3	-
Marmato	17,2	-

Tabla 9. Valores promedio de uso de mercurio en distintos distritos mineros

Fuente: Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera y de Pequeña Escala. PNUMA –MADS. 2012

Una vez se utiliza el mercurio en la extracción del oro, se generan pérdidas de la sustancia que varían dependiendo de muchas condiciones, entre las que se destacan el tipo de minería (filón o aluvión), el método y las técnicas aplicadas por el minero. Una aproximación a la cantidad de mercurio que se descarga al medio ambiente fue desarrollada en 2011⁴³, y tiene en cuenta la revisión de información secundaria y entrevistas con los mineros. El modelo considera en la estimación de la descarga de mercurio en la producción de oro los siguientes factores:

- Se toma como base para las estimaciones la producción departamental de oro para el año 2011 reportada por el Sistema de Información Minero Colombiano.
- Se considera un oro de Ley 750, que es el que produce en promedio la Minería Artesanal Aurífera de Pequeña Escala (MAAPE).
- Se tiene en cuenta porcentaje de producción de oro de filón y el porcentaje de producción de oro de aluvión.
- Se estima que aproximadamente el 75% del oro proveniente de yacimientos de filón se

⁴³ Programa de las Naciones Unidas para el Medio AMBIENTE – PNUMA. *Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala*. Bogotá, 2012. pp 55-58

- procesa en circuitos abiertos y el 25% restante en circuitos semicerrados.
- Se estima que aproximadamente el 30% del oro proveniente de yacimientos aluviales se procesa en circuitos abiertos y el 70% restante en circuitos semicerrados.
- Los sistemas de amalgamación en circuitos semicerrados reducen entre el 80% - 90% la colas contaminadas con mercurio en el beneficio de minerales primarios y entre el 98,0% - 99,5%, las colas producidas en el beneficio de aluviones.
- La destilación de amalgama en circuito cerrado mediante el uso de retorta, permite reducir las emisiones gaseosas de mercurio aproximadamente en un 98%.
- Se asume, para efectos del cálculo de pérdidas de mercurio en minerales provenientes de yacimientos de filón del sur del país y amalgamados en sistemas semicerrados, una reducción en las pérdidas de mercurio del 85% respecto a circuitos abiertos.
- Se asume, para efectos del cálculo de pérdidas de mercurio en minerales provenientes de yacimientos aluviales del sur del país y amalgamados en sistemas semicerrados, una reducción en las pérdidas de mercurio del 98%, con respecto a circuitos abiertos.

La descarga anual de mercurio por medio de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Descarga anual de mercurio (kg)} = & \\
 & \left[\left(\text{Producción de oro anual de filón (kg)} * \frac{A \text{ kg Hg}}{\text{kg oro}} * 0,75 \right) + \right. \\
 & \left(\text{Producción de oro anual de filón (kg)} * \frac{B \text{ kg Hg}}{\text{kg oro}} * 0,25 \right) + \\
 & \left(\text{Producción de oro anual de aluvión (kg)} * \frac{C \text{ kg Hg}}{\text{kg oro}} * 0,30 \right) + \\
 & \left. \left(\text{Producción de oro anual de aluvión (kg)} * \frac{D \text{ kg Hg}}{\text{kg oro}} * 0,70 \right) \right] * \frac{100 \text{ kg oro Ley 750}}{75 \text{ kg oro Ley 999,99}}
 \end{aligned}$$

Donde:

A: Pérdida de mercurio en minería de filón, circuito abierto

B: Pérdida de mercurio en minería de filón, circuito semicerrado

C: Pérdida de mercurio en minería de aluvión, circuito abierto

D: Pérdida de mercurio en minería de aluvión, circuito semicerrado

Fuente: Sinopsis Nacional de la Minería Artesanal y a Pequeña Escala

En relación con la Evidencia de Explotación de Oro de Aluvión (EVOA), es posible estimar la cantidad de mercurio descargado a los ecosistemas tras su utilización en este tipo minería. El cálculo se realiza teniendo en cuenta los factores relacionados en la siguiente tabla y aplicando la ecuación de descarga anual de mercurio referenciada con anterioridad:

DISTRITOS MINEROS	Emisiones a la atmósfera y liberaciones a suelo y agua g Hg / g de oro recuperado			
	FILÓN		ALUVIÓN	
	C. abierto	C. semicerrado	C. abierto	C. semicerrado
El Tambo - Buenos Aires, Costa Pacífica Sur, La Llanada, Mercaderes, Tesalia - Aipe, Cali- El Dovio, Ataco -Payandé, Frontino	7,7	1,2	15,5	0,31
Itsmína	10,3	1,5	-	-
	-	-	2,5	-

Lobas, Magdalena Medio Bolivarense, Mojana Bolivarense	34,1	5,1	3,9	-
Montelíbano	2,0	0,3	2,2	-
Nordeste Antioqueño	8,0	1,2	3,4	-
Vetas - California	1,1	0,2	-	-
Marmato	6,0	0,9	-	-

Tabla 10Valores promedio de emisiones y liberaciones de mercurio en distintos distritos mineros
Fuente: Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera y de Pequeña Escala. PNUMA –MADS. 2012

Otros estudios con Énfasis en la Actividad Minera de Oro

El gobierno colombiano ha adelantado estudios técnicos que abordan las temáticas del uso del mercurio en la explotación aurífera y de su eliminación gradual en esta actividad. A continuación, se relacionan los principales estudios referenciados para el siguiente informe:

- **Resultados y experiencias exitosas de proyectos relacionados con el Manejo del Mercurio en la Minería de Oro en Colombia con fines preventivos⁴⁴.** Este estudio fue realizado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. En el documento se encuentra relacionado:
 - Manejo del mercurio en los procesos de beneficio de minerales en Colombia
 - Producción más limpia en beneficio de minerales auríferos
 - Alternativas de producción más limpia aplicadas para sustituir el mercurio en minería de oro a pequeña escala.
- **Cuantificación de liberaciones antropogénicas de mercurio en Colombia⁴⁵.** Dicho documento fue elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y la Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible (DDSS). En el documento se encuentra relacionado:
 - El inventario de la liberación de mercurio generada en los diferentes sectores productivos y servicios de Colombia durante el año de 2009.
- **Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala⁴⁶.** Elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Bogotá diciembre de 2012. En el documento se encuentra relacionado:
 - Definiciones de Minería
 - Localización de la minería aurífera nacional con espacialización.
 - Producción de oro en el mundo
 - Producción de oro en Colombia.
 - El Mercurio: uso y demanda
 - Tecnologías y técnicas en la minería aurífera y artesanal y de pequeña escala.

⁴⁴ Consultado en: http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/RinconLiterario/2009/julio/O_175.pdf. Marzo 2016

⁴⁵ Consultado en: www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialUrbana/pdf/mercurio/Inventario_Cuantificacion_Mercurio.pdf. Marzo de 2016.

⁴⁶ Consultado en: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf. Marzo 2016.

- **Producción más limpia en la minería de oro en Colombia. Mercurio, cianuro y otras sustancias**⁴⁷. Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero Energética. Documento liderado por la Subdirección de Planeación Minera. 2007. En el documento se encuentra relacionado:
 - Mercurio y otras sustancias en la minería del oro en Colombia
 - Problemas de la minería aurífera en Colombia.
 - Producción más Limpia.
 - Aplicación de producción más limpia en la minería del oro.
- **Estudio nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales**⁴⁸. En el documento se desarrolla la contaminación de mercurio en agua frente a:
 - Sustancias peligrosas vertidas a cuerpos de aguas. Capítulo 6 página 232
 - Contaminación de agua con mercurio por vertimiento en Colombia. Información espacializada.
 - En relación con la contaminación del agua con mercurio el MDDs expidió la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015, en la que se establecen los parámetros y valores límites permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, entre los que se encuentra los límites máximos permisibles de contaminantes en el agua en las actividades generadoras de contaminación, incluida la minería.⁴⁹

En relación con el estudio del impacto ambiental, el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico – IIAP elaboró en el 2012, la **Caracterización de impactos causados por la actividad minera sobre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema**. Por su parte, ONUDI realizó en 2010 y 2012 estudios específicos sobre la emisión de vapores de mercurio en Antioquia y Chocó.

De igual manera, se encuentra disponible literatura con estudios de caso específicos los impactos causados por el uso del mercurio en la explotación minera de oro. Uno de ellos hace referencia a los problemas asociados en el Chocó sobre la explotación indiscriminada de los recursos de oro y platino en este departamento. El documento denominado **Caracterización de impactos causados por la actividad minera sobre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema** elaborado por el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico y el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, desarrolla un completo estudio acerca de las actividades de extracción de oro y platino en el distrito minero de San Juan que son responsables del deterioro del ecosistema principalmente por la aplicación de tres sistemas de explotación: el artesanal, el semitecnificado y el tecnificado. El documento relaciona la problemática asociada a:

- Componente de vertimientos
- Componente agua
- Componente suelos
- Componente vegetación
- Componente fauna
- Componente sociocultural
- Cartografía base y temática que identifica la localización de los sitios o áreas de explotación minera.

⁴⁷ Consultado en: http://www.upme.gov.co/Docs/Mineria_limpia.pdf. Marzo de 2016.

⁴⁸ Consultado en: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf. Marzo 2016.

⁴⁹ Consultado en: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf. Marzo 2016.

- Síntesis de experiencias y acciones desarrolladas en el contexto nacional e internacional para la rehabilitación – restauración de áreas alteradas por actividad minera.

Para concluir, es importante reseñar un estudio de caso que corresponde a la investigación realizada por el Instituto para el Desarrollo y la Paz – INDEPAZ, que en mayo de 2013 publicó el documento **Impacto de la minería de hecho en Colombia. Estudios de caso: Quibdó, Istmina, Timbiquí, López de Micay, Guapi, El Charco y Santa Bárbara**. En dicho estudio se relacionan los hallazgos en torno a la actividad minera en el pacífico colombiano estructurado de la siguiente forma:

- Política minera en Colombia
- Estudio de casos en Nariño, Cauca y Chocó
- Distritos mineros de los casos
- Conflictos e impactos encontrados
- Ubicación de la minería de hecho en los casos encontrados (espacialización geográfica)
- Conflicto armado y minería
- Impactos socio ambientales
- Rol del Estado

4.4.4. Proyectos para reducir la contaminación por mercurio en el beneficio del oro

También es importante destacar que la institucionalidad ambiental desde 1988, en cabeza de la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), inició procesos de disminución de la contaminación por metales pesados en el sector de la minería aurífera, promoviendo la Producción Más Limpia – PML, mediante capacitación, asistencia técnica y desarrollo de proyectos piloto de reducción y eliminación de mercurio, con apoyo económico de la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ).

Buscando hacer extensiva la experiencia de PML en el sector de minería aurífera, desde 1995 se impulsaron proyectos piloto en la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), CORPONARIÑO, la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia (CORPOAMAZONIA), la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCÓ) y la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), en los que se demostró la posibilidad de beneficiar el oro con la disminución o eliminación del uso de mercurio, para lo cual se contó con el apoyo de cooperación internacional del Gobierno Alemán.

Posteriormente, el Ministerio de Ambiente lideró el desarrollo de proyectos PML en asocio con CDMB, la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB), la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá (CORPOURABA), la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA), CODECHOCÓ, la Corporación Autónoma Regional De Caldas (CORPOCALDAS), la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), la Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y El San Jorge (CORPOMOJANA) y la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico (CDA), con recursos del Fondo de Compensación Ambiental – FCA, el Fondo Nacional Ambiental – FONAM y del BID.

En los últimos años se ha sumado el apoyo de la Oficina de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la Gobernación de Antioquia, CORANTIOQUIA y CODECHOCÓ, al desarrollo de proyectos de

PML, que han permitido reducir de manera considerable las cantidades de mercurio que se usan en el beneficio del mineral en regiones como el Nordeste Antioqueño, Bajo Cauca Antioqueño, Sur de Bolívar y Medio San Juan Chocóano.

Los proyectos de PML, financiados por el FCA en esta temática son⁵⁰:

AÑO	PROYECTOS APROBADOS FCA	CORPORACIÓN
2004	Aplicación de tecnologías apropiadas para disminuir la contaminación ocasionada por mercurio.	CORPONARIÑO
2005	Reducción de la contaminación por mercurio mediante la implementación de tecnologías más limpias en minería aurífera en los departamentos de Guainía y Vaupés.	CDA
2006	Aplicación de tecnologías apropiadas para disminuir la contaminación ocasionada por mercurio y cianuro en la minería del oro en los Municipios de Cumbitara, los Andes, la Llanada, Samaniego, Santacruz y Mallama del Departamento de Nariño.	CORPONARIÑO
2007	Implementación de procesos de producción más limpia para reducir la contaminación por mercurio en el beneficio auroplanífero como experiencia piloto en el municipio de Condoto departamento de Chocó.	CODECHOCÓ
2007	Fortalecimiento, seguimiento y monitoreo a la reducción de la contaminación por mercurio mediante la implementación de tecnologías limpias en la minería aurífera en los departamentos de Guanía y Vaupés.	CDA
2008	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	CODECHOCÓ
2008	Determinación de los niveles de mercurio en agua, sedimentos y tejido vivo (humanos, peces y buchón) en los humedales de la Mojana Sucreña.	CORPOMOJANA
2009	Implementación de procesos de producción más limpia para reducir la contaminación por Mercurio en el beneficio auriplanífero como experiencia piloto en el municipio de Condoto, departamento del Chocó.	CODECHOCÓ
2010	Determinación de los niveles de mercurio en agua, sedimentos y tejido vivo (Humanos, Peces y Buchón) en los humedales de la Mojana Sucreña Fase II, Jurisdicción de Corpomojana.	CORPOMOJANA
2013	Implementación y Fortalecimiento de Tecnologías limpias para la prevención de la contaminación por mercurio, cianuro y vertimientos en los municipios mineros de la zona Andina del departamento de Nariño.	CORPONARIÑO

Tabla 11. Estudios elaborados en la temática de reducción de contaminación por el uso de mercurio

⁵⁰ Dirección de Asuntos Ambientales y Sectorial Urbana. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

9.3 Espacialización de información disponible del uso de mercurio en Colombia.

En la información consultada se tuvieron en cuenta diferentes variables que permitieron espacializar el comportamiento de los fenómenos asociados con la explotación de oro utilizando mercurio, que a continuación se encuentra descrita en grandes grupos.

1. ACCESO DEL MERCURIO

Empresas importadoras de mercurio

Variables	Espacialización
Nombre de la empresa importadora	NO
Cantidad importada por año en kilogramos (2003 al 2013)	
País de procedencia del mercurio	
Empresa proveedora de mercurio por país	

Rutas de comercialización

Exterior

Variables	Espacialización
Vía de importación (área, marítima)	SI
Puerto de entrada a Colombia (2003 – 2008)	
Cantidad importada por vía de importación y por año en kilogramos (2003 al 2013)	
País de procedencia del mercurio en kilogramos (2003 a 2013)	
Empresa proveedora de mercurio por país de procedencia en kilogramos (2003 a 2013)	

Interior

Variables	Espacialización
Rutas de distribución legal desde Medellín	SI
Rutas de distribución legal desde Cartagena	
Rutas de distribución legal desde Cali	
Rutas de distribución legal desde Bucaramanga	
Rutas de distribución legal desde Bogotá	
Posibles rutas de distribución ilegal	

2. DISPOSICION FINAL DE MERCURIO

Empresas autorizadas al manejo de desechos de mercurio

Variables	Espacialización
Nombre de la empresa	NO
Ubicación	

3. PRODUCCION DE ORO A NIVEL NACIONAL

Identificación de minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE)

Variables	Espacialización
Localización geográfica de la MAAPE en Colombia	SI
Producción acumulada por departamento entre 2001 y 2013	NO
Unidades productivas mineras (UPM) auríferas en 2012	NO
Producción de oro por municipio y por departamento por año (2007 al 2013) en gramos	NO
Demanda de mercurio por municipio y por departamento por año (2007 al 2013) en gramos	SI
Distritos Mineros Aurífera en Colombia	SI

4. USO DEL MERCURIO EN LA EXPLOTACION DE ORO

Identificación de minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE)

Variables	Espacialización
Identificación de Zonas Calientes ⁵¹ por departamento y municipio	SI
Demanda total de mercurio en las principales Zonas Calientes en el país (oro de aluvión y oro de filón)	NO
Estimativo de usos y descargas de mercurio por distrito para 2013.	NO
Estimativo mercurio gastado por oro producido por departamento, por mina y por municipio	NO
Toma de muestras en zonas calientes	NO
Resultados de la determinación de mercurio en las muestras tomadas	NO PRESENTA INFORMACIÓN

⁵¹ Áreas con liberación importante de mercurio al ambiente.

5. ESTUDIOS PUNTUALES USO DE MERCURIO EN MINERIA

Contaminación con mercurio⁵²

Variables	Espacialización
Mercurio en peces del canal del Dique	SI
Mercurio en peces de las Ciénagas del Sur de Bolívar	SI
Niveles de mercurio en muestras ambientales y de cabello en habitantes del sur de Sucre	SI

Recopilación de estudios en contaminación con mercurio en peces⁵³

Variables	Espacialización
Tipo de peces, Cuenca, Concentración de mercurio y fuente bibliográfica	NO

⁵² Jesús Verbel, Boris Johnson. El lado gris de la minería del oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia. Universidad de Cartagena. 2002

⁵³ Nestor Mancera, Ricardo Alvarez, Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. 2006.

Consultado en <http://www.virtual.unal.edu.co/revistas/actabiol/PDFs/V11N1/v11n1a01.pdf>. Marzo 2016