

**ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA EL REEMPLAZO DEL
MERCURIO EN LA MINERÍA AURÍFERA**

DAVID LEONARDO AMAYA LADINO

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2018**

**ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA EL REEMPLAZO DEL
MERCURIO EN LA MINERÍA AURÍFERA**

DAVID LEONARDO AMAYA LADINO

Monografía para optar por el título de gestor ambiental

**Orientadora:
Dora María Cañón Rodríguez
Docente investigadora**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. Junio de 2018

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

AGRADECIMIENTOS

Dedico esta monografía a mis padres, por su apoyo incondicional en todos mis proyectos y en especial por su apoyo en mis estudios.

Agradecimientos a la Universidad de América y todas sus directivas, por permitirme ser parte de esta institución y por su formación como profesional.

A todos mis profesores que compartieron sus conocimientos y por su dedicación.

A mis compañeros por todos los momentos compartidos, por su perseverancia y entrega en todos los trabajos realizados.

Gracias a todos y cada uno de ustedes porque han contribuido para ser la persona que soy y porque son mi ejemplo para seguir adelante y lograr las metas propuestas.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	13
1. ANTECEDENTES	14
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	17
4. DELIMITACIÓN Y ALCANCE	19
5. DISEÑO METODOLÓGICO	20
6. MINERÍA DE ORO EN COLOMBIA	21
6.1 TIPOS DE MINERÍA EN COLOMBIA	24
6.1.1 Clasificación según el decreto 1666 de 2016	24
6.1.1.1 Subsistencia	24
6.1.1.2 Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de exploración, o construcción y montaje	24
6.1.1.3 Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de explotación	25
6.1.2 Clasificación según como se desarrolla y cumplimiento con la ley	27
6.1.2.1 Artesana	27
6.1.2.2 Formal	27
6.1.2.3 Ilegal o de hecho	28
6.1.2.4 Informal	28
6.2 ANTECEDENTES DE LA MINERÍA ILEGAL EN COLOMBIA	28
6.3 MARCO LEGAL MINERO	29
6.4 PERMISOS DE EXPLOTACIÓN MINERA	32
6.4.1 El complejo Paramuno Jurisdicciones-Santurbán	32
6.4.2 Complejo Paramuno de Pisba	33
7. TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS USADAS EN LA MINERÍA AURÍFERA EN COLOMBIA	34
7.1 OBTENCIÓN DEL ORO DE YACIMIENTOS PRIMARIOS O DE FILÓN	34
7.1.1 Trituración y Molienda	34
7.1.2 Concentración gravimétrica	34
7.1.3 Amalgamación	35
7.1.4 Cianuración	35

8. CASOS DE ACCIDENTES EN MINERÍA EN COLOMBIA	36
9. MERCURIO	38
9.1 APLICACIÓN DEL MERCURIO EN LA MINERÍA DE ORO	38
9.2 MERCADO DE MERCURIO EN COLOMBIA	39
9.2.1 Contrabando de mercurio para la minería ilegal	41
9.2.2 Empresas importadoras de mercurio	42
10. PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES Y SOCIALES QUE TRAE EL USO DE MERCURIO EN LA MINERÍA	44
10.1 IMPACTOS AMBIENTALES	44
10.1.1 Elementos que influyen en las liberaciones y emisiones de mercurio al ambiente	44
10.1.2 Liberaciones de mercurio al suelo, al agua y a la atmósfera	45
10.1.2.1 Liberaciones sólidas	45
10.1.2.2 Liberaciones líquidas	45
10.1.2.3 Emisiones gaseosas	46
10.2 IMPACTOS A LA SALUD HUMANA	47
10.3 IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS	47
10.3.1 Accidentes con mercurio en Colombia	47
10.3.2 Convenio de Minamata	48
11. TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS PARA EL MERCURIO DE LA MINERÍA AURÍFERA	50
11.1 TÉCNICAS GRAVITACIONALES	50
11.2 FLOTACIÓN ESPUMANTE	51
11.3 MÁQUINA ECO-100V	53
11.4 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	54
11.4.1 Producción más limpia en la trituración y molienda	55
11.4.2 Producción más limpia en la concentración gravimétrica	55
11.4.3 Manejo de las colas contaminadas	55
11.4.4 Separación del mercurio de la amalgama	55
11.4.5 Separación del oro de la amalgama	56
11.5 LIXIVIACIÓN EN PILAS	56
11.6 BIO-OXIDACIÓN O BIOLIXIVIACIÓN	57
12. CONCLUSIONES	58
13. RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	65

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de exploración, o construcción y montaje	25
Cuadro 2. Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de explotación	26
Cuadro 3. Reglamentos del marco legal minero	31
Cuadro 4. Accidentes en minería en diferentes departamentos	36
Cuadro 5. Accidentes en minería en diferentes departamentos	37

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Bases de datos usadas	20
Gráfica 2. Producción nacional de metales preciosos	21
Gráfica 3. Producción nacional de oro 2012-2016	22
Gráfica 4. Porcentaje de producción de oro de cada departamento de 2012 a 2016	40
Gráfica 5. Toneladas ingresadas de mercurio a Colombia 2010-2016	42
Gráfica 6. Mapa de las rutas de contrabando de mercurio en Colombia	43
Gráfica 7. Empresas y cantidad de mercurio importada por estas	47
Gráfica 8. Efecto del tipo de espumante en función del tamaño de partícula del mineral	56
Gráfica 9. Tamaño de partícula en base a la concentración de los espumantes	57

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Importaciones de mercurio de diferentes países del mundo	39
Tabla 2. Importaciones de mercurio en Colombia 2003-2013	40

RESUMEN

El uso del mercurio para extraer el oro (amalgamación) data aproximadamente desde el año 27-23 a.C. En Colombia, la minería nació en la época del siglo XVI debido a la colonización española. La minería ilegal en Colombia trae ingresos aproximadamente de US \$5000 millones al año. Los departamentos que más producen oro son Antioquia, Chocó, Nariño, Cauca, Bolívar y Caldas, siendo los más contaminados por mercurio también.

El 80% de la minería en Colombia, es ilegal, lo que trae graves problemas ambientales y socioeconómicos. Afecta la fauna y flora, a la salud humana causando daños en el sistema nervioso, respiratorio, inmunológico, reproductor, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular y riñones. La presencia de grupos armados ilegales en zonas mineras es factor de desplazamiento y/o trabajo forzado en niños y mujeres. Adicionalmente se suma el daño ambiental causado en páramos (como por ejemplo Santurbán y Pisba), debido a que se otorgaron licencias ambientales para la explotación aurífera.

Las técnicas para extraer oro en la minería artesanal son rudimentarias y los trabajadores no poseen conocimientos amplios de los métodos usados, por lo que es un factor de riesgo en la contaminación por mercurio.

Se propone una serie de tecnologías alternativas para reemplazar el mercurio, como lo son las técnicas gravitacionales, la flotación espumante, lixiviación en pilas, bio-oxidación, y también la producción más limpia para no liberar más mercurio al ambiente.

Palabras claves: Tecnologías alternativas, minería de oro, minería aurífera, mercurio.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del desarrollo de esta monografía es investigar y recoger información sobre tecnologías alternativas viables para reemplazar el mercurio en la minería aurífera, debido a que este elemento posee gran toxicidad, afectando al medio ambiente y a la salud humana; además que la minería ilegal trae problemas sociales como explotación infantil, prostitución, desplazamiento forzado por grupos armados ilegales, apoyo al narcotráfico, pérdida de reservas naturales, entre otros.

En este documento se analizan los problemas que trae el uso del mercurio en la minería artesanal y a pequeña escala (MAAPE) y la minería ilegal, los pasos más críticos donde se libera mercurio mal ambiente y como optimizarlos (producción más limpia), los decretos, leyes y tratados mundiales donde se prohíbe el uso de este compuesto y su importación.

Colombia ocupa el segundo puesto en contaminación en mercurio a nivel mundial, este problema se debe a que el 80% de la minería es ilegal en el país. Los mineros que trabajan informalmente no conocen el riesgo del mercurio, no poseen conocimientos profundos en el proceso de extracción correcto y cuentan con herramientas rudimentarias.

A este problema se suma también la falta de control de las autoridades, las leyes laxas, permisos ambientales concedidos sin estudios profundos de impacto ambiental y la corrupción.

De este planteamiento nace la necesidad de construir nuevos modelos extractivos e indagar por procedimientos que garanticen una producción limpia sin descuidar los resultados económicos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar las tecnologías limpias que pueden disminuir o reemplazar el uso de mercurio en la minería de oro en Colombia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar cuáles son las zonas más afectadas por la contaminación del mercurio debido a minería ilegal que afecta al país.
- Describir cuáles son las problemáticas ambientales y sociales que trae el uso del mercurio para la extracción del oro.
- Describir las tecnologías limpias para reemplazar el mercurio, su naturaleza, eficiencia y aplicación.
- Identificar los principales importadores y/o productores de mercurio en Colombia y cómo lo obtienen los grupos armados ilegales.
- Analizar la viabilidad de aplicar estas tecnologías en la minería a pequeña y gran escala.

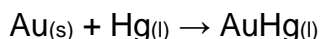
1. ANTECEDENTES

El mercurio (Hg) fue manejado en ceremonias religiosas por Aristóteles ya que se consideraba fundamental en estas prácticas. Según Jiménez¹ en la época del paleolítico (33000-9000 a.C.) el cinabrio (HgS) fue utilizado como pigmento en las pinturas rupestres de Altamira y Lascaux. Los griegos y romanos utilizaron el metal para distintos procesos como la fabricación de medicamentos, amalgamación y cosméticos; y siguió siendo utilizado durante el paso del tiempo, sin embargo, la industrialización de este elemento se dio hasta 1900.

En la obra De Architectura de Vitruvio (Vitruvius, 27-23 a.C.) se hace referencia al beneficio del oro y la plata por medio de la amalgamación con mercurio:

(La plata viva) se usa para muchos propósitos; sin ella, ni la plata ni el latón pueden enchaparse correctamente. Cuando se ha bordado oro en una vestimenta que está gastada y no se puede usar más, la tela se quema en potes cerámicos; se arrojan las cenizas en agua, se le agrega plata líquida. Esta colecta todas las partículas de oro y se une con ellas. Se vuelca entonces el agua y el residuo se coloca en un paño el cual, al ser estrujado con las manos hace pasar la plata líquida por los poros de la tela, pero retiene el oro en una masa dentro de él².

Blesa³ menciona que la amalgamación se define como el proceso en el cual se usa el mercurio para extraer metales que no se encuentran libres, si no que están en forma de minerales, acompañados de óxidos y sales. En este caso, usa la amalgamación en el oro:



Para Poveda⁴ la minería en Colombia nació en la época del siglo XVI. Los españoles hurtaron el oro de los indígenas debido a su gran valor económico; y por su sed de obtener más de este preciado metal, llegaron a explotarlo en ríos y quebradas.

¹ JIMENEZ MORENO, María. Desarrollo de métodos analíticos para especificación de mercurio y su aplicación a la comarca de Almadén. [Sitio Web]. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2009, p. 13. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf. ISBN 978-84-8427-669-2

² BLESÁ, Miguel y CASTRO, Gerardo. Historia Natural Y Cultural Del Mercurio. [Sitio Web]. Asociación Argentina: Para El Progreso De Las Ciencias, 2015, p. 47. [Consultado 04, Junio, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2017/10/libro_historia_natural_cultural_mercurio.pdf. ISBN 978-987-28123-3-1

³ Ibid., p. 48

⁴ POVEDA RAMOS, Gabriel. La Minería Colonial y Republicana. En: BANCO DE LA REPÚBLICA. [sitio web]. [Consultado 05, Junio, 2017]. Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-151/la-mineria-colonial-y-republicana>

En ese entonces los ríos que nacen de las tres cordilleras, estaban llenos de oro.

Arango⁵ menciona que los departamentos que más producen oro en Colombia son Antioquia, Chocó, Nariño, Cauca, Bolívar y Caldas, siendo Antioquia el mayor productor de este metal precioso. Debido a la gran producción, también hay presencia de grupos armados ilegales controlando varias áreas mineras. Se calcula que hay ingresos de aproximadamente US \$5000 millones anuales gracias a la minería ilegal.

Actualmente el PNUMA⁶, se buscan soluciones para solventar las problemática sociales y ambientales a causa del uso y disposición del mercurio. A través del Convenio de Minamata se plantean retos para la disminución o eliminación del mercurio en actividades como la minería de oro en pequeña escala y de oro artesanal.

La asociación creada en el 2005 por el PNUMA⁷: Asociación Mundial sobre el Mercurio, identificó las ocho áreas más trascendentales en el manejo de mercurio para ser gestionadas. Se mencionan a continuación:

- Disminución del mercurio en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala.
- Controlar el mercurio producido en la combustión del carbón.
- Disminución de mercurio en el sector cloro-álcali.
- Disminución de mercurio en productos.
- Investigación del ciclo del mercurio
- Gestionar residuos con mercurio
- Suministro y almacenamiento de mercurio.
- Disminución del mercurio en la industria cementera.

⁵ ARANGO, Adriana. La Explotación De Oro En Colombia, Conflicto Armado y Efectos al Medio Ambiente. En: CASA EDITORIAL EL TIEMPO. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. sec. Nacional. 15 de Abril del 2017. [Consultado el 14, Junio, 2017]. Disponible en: <http://blogs.eltiempo.com/biogenico-colombia/2017/04/15/la-explotacion-de-oro-en-colombia-conflicto-armado-y-efectos-al-medio-ambiente/>

⁶ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). El Convenio de Minamata Sobre el Mercurio y su Implementación en la Región de América Latina y el Caribe. [Sitio Web]. Uruguay: sec. Publicaciones. Webinteligente., 2014. p. 8. [Consultado 08, Junio, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/informe_Minamata_LAC_ES_FINAL.pdf

⁷ Ibid., p. 8

2. JUSTIFICACIÓN

Hurtado⁸ menciona, que la minería ilegal en Colombia existe debido a que es una fuente de ingresos sostenible para los grupos armados ilegales, lo que conlleva no solo a problemas sociales y económicos para el estado, si no también, causa daños ambientales graves.

El mercurio se usa en grandes cantidades en la minería a pequeña escala y la artesanal, ya que es un metal asequible debido a su bajo precio y fácil manipulación, de acuerdo al estudio del PNUMA⁹; además que su uso es cada vez mayor por el aumento del precio del oro. El mercurio ha sido prohibido en varios países. Sin embargo, en los países donde se practican este tipo de minería, el mercurio es el elemento preferido para el beneficio del oro. Por la falta de conocimiento de los mineros y falta de control del estado, se maneja de una forma irresponsable, siendo un factor de riesgo para la salud humana y causando un gran impacto ambiental, dice Hurtado¹⁰.

El presente trabajo propone la implementación de tecnologías limpias como la “flotación espumante” que ha sido aplicada en cuatro unidades mineras del Chocó para eliminar el mercurio en la extracción aurífera, donde se puede obtener un 90% del mineral, en comparación con los métodos rústicos, donde se recupera solo un 50%, de acuerdo a la publicación del periódico digital de la Universidad Nacional¹¹ El mercurio es reemplazado por celdas con tensoactivos orgánicos biodegradables (utilizados para hacer champú y jabones), empleando agua y burbujas de aire, el oro puede ser concentrado. Las partículas de oro quedan adheridas a las burbujas, saliendo por la parte superior de la celda.

El uso de tecnologías limpias para reemplazar el mercurio, ayuda a mitigar o eliminar los diferentes impactos ambientales que posee la actividad minera, como la contaminación de suelos, sistemas acuáticos y emisiones de mercurio metálico a la atmósfera.

⁸ HURTADO CANO, Sebastián. Impactos De La Minería Ilegal En Colombia. Fundación Ideas Para La Paz. p. 1

⁹ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). El Uso Del Mercurio En La Minería Del Oro Artesanal Y En Pequeña Escala. [Sitio Web]. p. 4. [Consultado 05, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf

¹⁰ HURTADO, Op., Cit., p. 1

¹¹ UN PERIODICO DIGITAL. Tecnología Limpia Saca a Flote Oro y Platino Del Chocó. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Nacional. [Consultado el 05, Junio ,2017]. Disponible en: <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/tecnologia-limpia-saca-a-flote-oro-y-platino-del-choco.html>.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

En la página de Precio Oro¹², actualmente el precio de la onza de oro está a US \$1330,5, lo que puede significar un atractivo para quien desee obtener beneficios económicos. La extracción de oro ilegal puede convertirse en una alternativa de ingresos para los campesinos, debido a diversos factores, como falta de oportunidades en el país y la erradicación de cultivos ilícitos; brindándoles en una buena temporada, aproximadamente US \$1.000. Aproximadamente, hay entre 10 y 15 millones de mineros en la MAAPE y artesanal, menciona Hurtado¹³.

Se indica en dicha publicación¹⁴, que la minería en pequeña escala es la mayor fuente de contaminación de mercurio en el mundo, sometiendo a los mineros a una exposición continua; libera mercurio al medio ambiente, afectando fauna y flora, y creando riesgos para las comunidades aledañas debido al consumo de pescado contaminado con mercurio.

El uso del mercurio se debe a que es económico y de fácil acceso, además de ser usado sin ningún tipo protección y restricción, debido al desconocimiento de los peligros por parte de los trabajadores. La falta de regulación por parte de las autoridades ambientales es un factor por el cual la minería ilegal continúa ocupando el territorio nacional; por ende, el uso desmedido del mercurio también.

Hurtado¹⁵ también señala que la eliminación del mercurio es factible, pero se requiere de una inversión económica considerable para la capacitación de los trabajadores en el manejo de las técnicas e inversión tecnológica.

Debido a que el mercurio posee una alta afinidad con la materia orgánica, en forma de metilmercurio (MeHg), puede ser ingerido por los peces y otras especies acuíferas llegando a afectar a los humanos y al medio ambiente, menciona Arango¹⁶.

¹² PRECIO ORO. Cotización Oro hoy en dólares: [Sitio web]. [Consultado el 21, Febrero, 2017] Disponible en: <https://www.preciooro.com/cotizacion-oro.html>

¹³ HURTADO CANO, Sebastián. Impactos De La Minería Ilegal En Colombia. Fundación Ideas Para La Paz. p. 1

¹⁴ Ibid., p. 1

¹⁵ Ibid., p. 1

¹⁶ ARANGO, Adriana. La Explotación De Oro En Colombia, Conflicto Armado y Efectos al Medio Ambiente. En: CASA EDITORIAL EL TIEMPO. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. sec. Nacional. 15 de Abril del 2017. [Consultado el 14, Junio, 2017]. Disponible en: <http://blogs.eltiempo.com/biogenico-colombia/2017/04/15/la-explotacion-de-oro-en-colombia-conflicto-armado-y-efectos-al-medio-ambiente/>

La guía de buenas prácticas para la pequeña minería, publicada por SERNAGEOMIN¹⁷, propone que para minimizar la contaminación de suelos y aguas se deben implementar buenas prácticas como: amalgamar sólo en planchas, canaletas o instalaciones similares; colocando trampas de mercurio, limpiando y reactivando el mercurio; entre otras.

De ahí la importancia de contar con opciones viables, económica y ambientalmente, para reemplazar el uso del mercurio en la minería de oro especialmente a pequeña escala. Por estas razones, en la monografía se busca responder los interrogantes que facilitarán el conocimiento de otro tipo de prácticas sostenibles con el ambiente y la salud humana, como: ¿Cuáles son las tecnologías disponibles aplicables, su naturaleza, eficiencia y aplicación? Y ¿cuál es la viabilidad de aplicar estas tecnologías en la minería a pequeña y gran escala?

¹⁷ SERNAGEOMIN, SONAMI y BGR. Guía de Buenas Prácticas Para la Pequeña Minería. Manejo Del Mercurio. [Sitio Web]. Chile. 2003. p. 6-7. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/20.manejo-del-mercurio.pdf>. ISBN 956-8038-06-X

4. DELIMITACIÓN Y ALCANCE

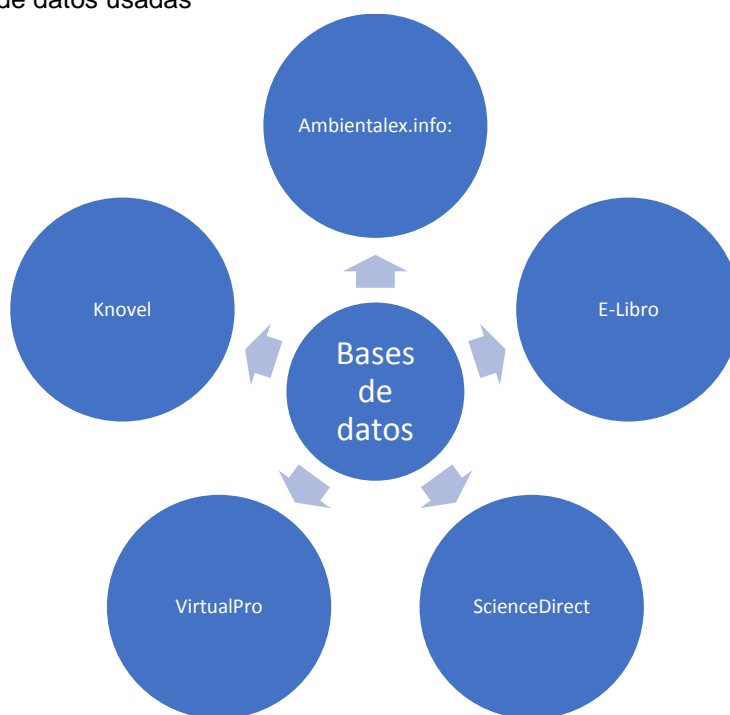
La delimitación de esta monografía se proyecta para una línea de tiempo de aproximadamente 5 años en Colombia.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de la monografía se buscó la información adecuada para el desarrollo de los objetivos especificados y para el análisis de alternativas en el uso del mercurio en la minería de oro.

Para la búsqueda bibliográfica se tuvo en cuenta, las palabras claves relacionadas con el tema escogido y algunas de las bases de datos de la Universidad de América como:

Gráfica 1. Bases de datos usadas



Adicionalmente se realizaron búsquedas en Google Books y en el buscador de Google regular, recurriendo a artículos académicos de revistas científicas, tesis de posgrado / doctorado, capítulos de libros científicos, entre otros.

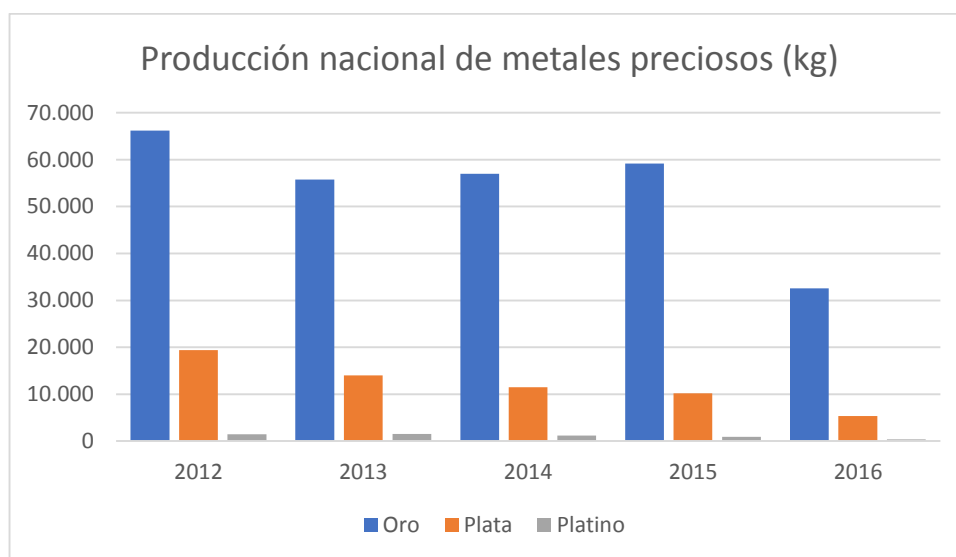
La monografía se desarrolló en aproximadamente 10 meses.

6. MINERÍA DE ORO EN COLOMBIA

Colombia cuenta aproximadamente con el 14% de la biodiversidad del planeta. Posee grandes riquezas hídricas y grandes reservas de carbón, oro y plata. El oro muchas veces ha sido el sustento de muchos campesinos, pero también ha sido un ingreso económico para los grupos armados ilegales debido a su pequeño volumen y elevado valor comercial. Por lo tanto, la extracción de oro pasó de 47,8 Ton en 2009 a 66,2 Ton en 2012, y se ha mantenido así hasta el 2016; señala Arango¹⁸.

En la gráfica 2 se muestra la extracción de metales preciosos de 2012 a 2016:

Gráfica 2. Producción nacional de metales preciosos



Fuente: UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Boletín Estadístico de Minas y Energía 2012-2016. [Sitio Web]. (Oct., 2016); p. 88. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/Boletin_Estadistico_2012_2016.pdf. ISSN: 2346-4992

Según el boletín estadístico 2012-2016 de SIMCO¹⁹ la disminución de la producción de estos metales preciosos se debe al descenso de los precios internacionales. En

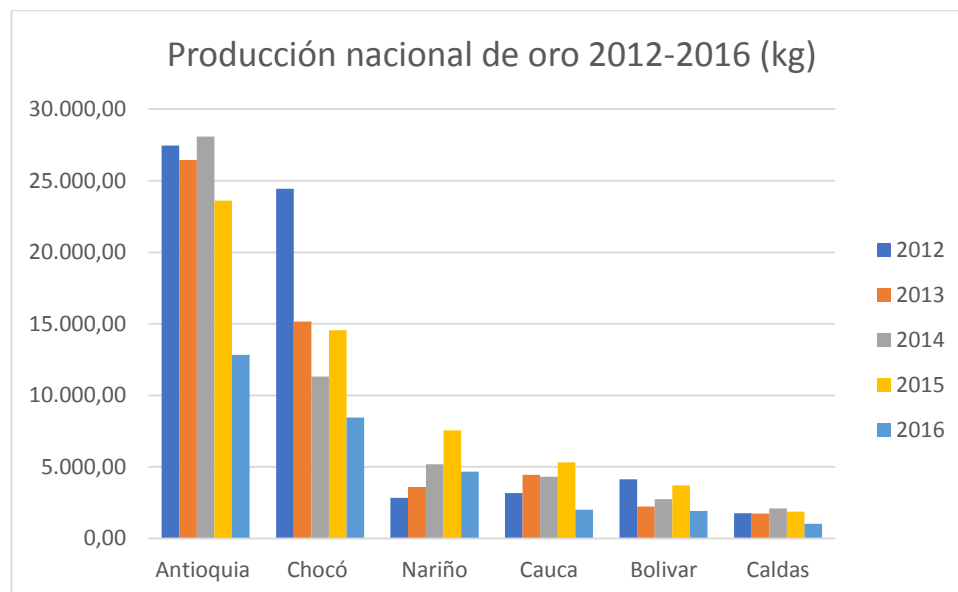
¹⁸ ARANGO, Adriana. La Explotación De Oro En Colombia, Conflicto Armado y Efectos al Medio Ambiente. En: CASA EDITORIAL EL TIEMPO. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. sec. Nacional. 15 de Abril del 2017. [Consultado el 14, Junio, 2017]. Disponible en: <http://blogs.eltiempo.com/biogenico-colombia/2017/04/15/la-explotacion-de-oro-en-colombia-conflicto-armado-y-efectos-al-medio-ambiente/>

¹⁹ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Boletín Estadístico de Minas y Energía 2012-2016. [Sitio Web]. (Oct., 2016); p. 88. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/Boletin_Estadistico_2012_2016.pdf. ISSN: 2346-4992

estos 5 años, la producción de plata bajó 58% y del platino, un 30%; pero el oro aumentó 3.8% respecto al año anterior, a causa del manejo de buenas prácticas y confianza a los inversionistas.

Según el boletín estadístico 2012-2016 de SIMCO²⁰, en el 2016 los departamentos más productores de oro fueron Antioquia, Chocó, Nariño, Cauca, Bolívar y Caldas. La producción de estos departamentos de 2012 a 2016 se muestra como en la gráfica 3:

Gráfica 3. Producción nacional de oro 2012-2016

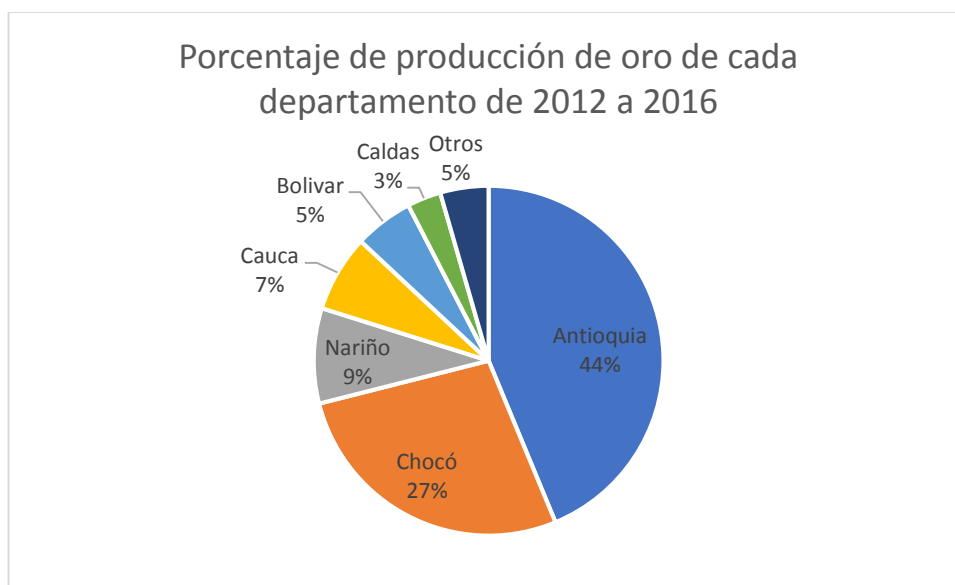


Fuente: UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Boletín Estadístico de Minas y Energía 2012-2016. [Sitio Web]. (Oct., 2016); p. 98. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/Boletin_Estadistico_2012_2016.pdf f. ISSN: 2346-4992

En la gráfica 4 se muestra el porcentaje de producción de oro de cada departamento desde el 2012 al 2016:

²⁰ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Boletín Estadístico de Minas y Energía 2012-2016. [Sitio Web]. (Oct., 2016); p. 98. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/Boletin_Estadistico_2012_2016.pdf. ISSN: 2346-4992

Gráfica 4. Porcentaje de producción de oro de cada departamento de 2012 a 2016



Fuente: UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Boletín Estadístico de Minas y Energía 2012-2016. [Sitio Web]. (Oct., 2016); p. 98. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/Boletin_Estadistico_2012_2016.pdf. ISSN: 2346-4992

Según una investigación hecha por la Oficina de las Naciones Unidas contra las Drogas y el Delito (UNODC) y el gobierno, publicada por El Espectador²¹, el 60% de la minería de oro hecha a cielo abierto, no se realiza de acuerdo a la normatividad actual; el resto no cuenta con las licencias ambientales respectivas, está en proceso de legalización o se están haciendo los contratos. Sólo el 2% cumple con toda la reglamentación.

El artículo²² menciona que de acuerdo con las estadísticas, los departamentos con mayor producción de oro son Antioquia y Chocó, siendo también los más afectados por la contaminación de mercurio usado para extraer el oro. El municipio de Nechí, ubicado en Antioquia, presenta una mayor proporción de área afectada, con 6.232

²¹ REDACCIÓN JUDICIAL. El 60% De La Minería De Oro a Cielo Abierto Es Ilegal En Colombia. En: EL ESPECTADOR. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Nacional. 28 de Junio de 2016. [Consultado el 24, Julio, 2017]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/judicial/el-60-de-mineria-de-oro-cielo-abierto-ilegal-colombia-articulo-640381>

²² REDACCIÓN JUDICIAL. El 60% De La Minería De Oro a Cielo Abierto Es Ilegal En Colombia. En: EL ESPECTADOR. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Nacional. 28 de Junio de 2016. [Consultado el 24, Julio, 2017]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/judicial/el-60-de-mineria-de-oro-cielo-abierto-ilegal-colombia-articulo-640381>

hectáreas. Otro gran problema es la pérdida del 77% de la vegetación y bosques del Chocó; la cuenca del río Atrato también está afectada por este tipo de minería. También se menciona en el artículo²³, que otras zonas afectadas debido a la contaminación de mercurio fueron los parques nacionales naturales como Puinawai, Paramillo, Katíos, Munchique y Selva de Florencia; y zonas a un radio de 20 km o menos de estos parques, con un total de 787 hectáreas.

En la página web de Sector Minero²⁴, se definen los dos tipos de minería como:

- **Minería subterránea.** Consiste en la creación de túneles subterráneos para el aprovechamiento de los yacimientos de los minerales. Esta modalidad, se usa en casos donde el mineral se encuentra en yacimientos ricos, pero con un gran volumen de roca estéril, siendo la exploración subterránea, la única opción de obtener el beneficio.
- **Minería a cielo abierto.** Es el tipo de minería más común, donde se extraen los minerales de bajo presupuesto hasta los de más alto precio.

6.1 TIPOS DE MINERÍA EN COLOMBIA

6.1.1 Clasificación según el decreto 1666 de 2016. Según el decreto 1666²⁵ expedido el 21 de octubre de 2016, la minería se clasifica en minería de subsistencia, pequeña, mediana y gran minería que se definirán a continuación:

6.1.1.1 Subsistencia. El decreto 1666 de 2016²⁶ la define como la actividad de extracción y colección al aire libre de elementos como metales, metales preciosos, arcillas, piedras preciosas y semipreciosas, que ejercen las personas sin ningún tipo de maquinaria, solo con herramientas manuales.

6.1.1.2 Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de exploración, o construcción y montaje. El tipo de minería se clasifica

²³ REDACCIÓN JUDICIAL. El 60% De La Minería De Oro a Cielo Abierto Es Ilegal En Colombia. En: EL ESPECTADOR. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Nacional. 28 de Junio de 2016. [Consultado el 24, Julio, 2017]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/judicial/el-60-de-mineria-de-oro-cielo-abierto-ilegal-colombia-articulo-640381>

²⁴ SECTOR MINERO. Minería Subterránea Y Minería A Cielo Abierto. [Sitio web]. AR. [Consultado el 13, Septiembre, 2017]. Disponible en: <https://sectorminero.wordpress.com/2014/08/17/mineria-subterranea-y-mineria-a-cielo-abierto/>

²⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 1666. (21, Octubre, 2016). Clasificación de la minería y requisitos. Bogotá D.C. Diario Oficial. 2016. p. 1

²⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 1666. (21, Octubre, 2016). Clasificación de la minería y requisitos. Bogotá D.C. Diario Oficial. 2016. p. 1

según la cantidad de hectáreas otorgadas en el título minero concedido como se muestra en el cuadro 1, según el decreto²⁷.

Cuadro 1. Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de exploración, o construcción y montaje

CLASIFICACIÓN	N° HECTÁREAS
Pequeña	Menor o igual a 150
Mediana	Mayor a 150 pero menor o igual a 5.000
Grande	Mayor a 5.000 pero menor o igual a 10.000

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 1666. (21, Octubre, 2016). Clasificación de la minería y requisitos. Bogotá D.C. Diario Oficial. 2016. p. 3

6.1.1.3 Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de explotación. El decreto 1666²⁸ dice que para los títulos mineros que ya se encuentren en su fase de explotación, el tipo de minería se clasifica según la cantidad anual de minerales explotados como carbón, materiales de construcción, metálicos, no metálicos, metales preciosos, piedras preciosas y semipreciosas como se muestra en la tabla 2:

²⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 1666. (21, Octubre, 2016). Clasificación de la minería y requisitos. Bogotá D.C. Diario Oficial. 2016. p. 2

²⁸ Ibid., p. 3

Cuadro 2. Clasificación de la minería en pequeña, mediana y gran escala en etapa de explotación

MINERAL	PEQUEÑA		MEDIANA		GRAN	
	Subterránea	Cielo Abierto	Subterránea	Cielo Abierto	Subterránea	Cielo Abierto
Carbón (Ton/año)	Hasta 60.000	Hasta 45.000	> 60.000 hasta 650.000	> 45.000 hasta 850.000	> 650.000	> 850.000
Materiales de construcción (M3/año)	N/A	Hasta 30.000	N/A	>30.000 hasta 350.000	N/A	> 350.000
Metálicos (Ton/año)	Hasta 25.000	Hasta 50.000	>25.000 hasta 400.000	>50.000 hasta 750.000	>400.000	> 750.000
No Metálicos (Ton/año)	Hasta 20.000	Hasta 50.000	>20.000 hasta 300.000	>50.000 hasta 1.050.000	>300.000	>1.050.000
Metales Preciosos (oro, plata y platino) (Ton/año) o (M3/año)	Hasta 15.000 Ton/año	Hasta 250.000 m3/año	> 15.000 hasta 300.000 Ton/año	> 250.000 hasta 1.300.000 m3/año	> 300.000 Ton/año	> 1.300.000 m3/año
Piedras preciosas y semipreciosas (Ton/año)	Hasta 20.000	N/A	>20.000 Hasta 50.000	N/A	>50.000	N/A

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 1666. (21, Octubre, 2016). Clasificación de la minería y requisitos. Bogotá D.C. Diario Oficial. 2016. p. 3

En la página web de Brigard & Urrutia²⁹ se encuentra que para comprender mejor la tabla 2, se debe tener en cuenta los siguientes casos:

- En el dado caso que un proyecto realice explotaciones a cielo abierto y subterráneas, se clasificará según la mayor producción que tenga en cualquiera de ambos tipos de explotación.
- En el caso en que un proyecto realice explotaciones de dos o más minerales simultáneamente, se clasificará según la mayor cantidad de mineral que produzca, dice Brigard³⁰.

²⁹ BRIGARD & URRUTIA. Nueva Clasificación De La Minería En Colombia. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. 31 de Octubre de 2016. [Consultado el 11, Agosto, 2017]. Disponible en: <http://bu.com.co/es/noticiasypublicaciones/358>

³⁰ BRIGARD & URRUTIA. Nueva Clasificación De La Minería En Colombia. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. 31 de Octubre de 2016. [Consultado el 11, Agosto, 2017]. Disponible en: <http://bu.com.co/es/noticiasypublicaciones/358>

Brigard³¹ señala que la autoridad minera se encarga de clasificar anualmente los títulos mineros dependiendo de su producción; también reclasifica los títulos en dado caso que haya un aumento o disminución del volumen del mineral explotado. Todo esto con el fin de emplear normas y políticas específicas para cada proyecto.

6.1.2 Clasificación según como se desarrolla y cumplimiento con la ley. Hay otro tipo de clasificación tradicional de la minería en Colombia según como se desarrolle y su cumplimiento con la ley:

6.1.2.1 Artesanal. El PNUMA³² y Manzanedo³³ definen como el tipo de minería informal o ilegal, que se practica muchas veces en países subdesarrollados, en el cual los mineros trabajan en explotaciones a pequeña escala, usando técnicas y/o tecnologías rudimentarias, donde la cantidad de producción aurífera es pequeña y requiere inversiones pequeñas.

Según la definición, se entiende que este tipo de minería la desarrollan personas con falta de capacitación, con tecnologías rudimentarias, ilegalmente y con poco o ningún conocimiento con respecto al impacto que causa este tipo de minería.

6.1.2.2 Formal. Marín³⁴ señala que este tipo de minería se desarrolla bajo el cumplimiento de todas las normas, licencias ambientales, títulos y demás; usando maquinaria y procesos más organizados.

³¹ BRIGARD & URRUTIA. Nueva Clasificación De La Minería En Colombia. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. 31 de Octubre de 2016. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Disponible en: <https://bu.com.co/es/noticiaspublicaciones/358>

³² UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (PNUMA). El Uso del Mercurio en la Minería del Oro Artesanal y en Pequeña Escala. [Sitio Web]. p. 4. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf

³³ De MANZANEDO DURAN, Luis Buezo. La Minería De Oro Artesanal En El Perú Vista Desde Un Enfoque Organizacional. [Sitio Web]. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Católica Del Perú. Lima, 2005. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/95>

³⁴ MARÍN FERIA, Jenny Paulina. Análisis De Los Aspectos Técnicos - Legales - Ambientales Del Cierre Minero Para Títulos Mineros En Colombia. [Sitio web]. Anteproyecto. Especialista en Derecho Ambiental. Universidad de Medellín. Facultad de Ingenierías. Medellín. 2015. p. 18. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/1280/An%C3%A1lisis%20de%20los%20aspectos%20t%C3%A9cnicos%20-%20legales%20-%20ambientales%20del%20cierre%20minero%20para%20t%C3%ADtulos%20mineros%20en%20Colombia.pdf?sequence=1>

6.1.2.3 Ilegal o de hecho. Según la ley 685 de 2001³⁵, capítulo XVII, define la exploración y explotación ilícita como el tipo de minería que se desarrolla sin ningún tipo de licenciamiento ambiental, título minero, o el permiso del titular en caso de ser una propiedad privada. La judicialización se practica bajo el artículo 244 del Código penal.

6.1.2.4 Informal. Según el estudio del Ministerio de Minas³⁶, se define como el tipo de minería que posee maquinaria de carácter privado y no cuenta con ninguna declaración de producción ante el estado. Según el artículo de El Espectador³⁷ ¿Hay minería ilegal o informal? Habla de los mineros informales: “está el caso de los pequeños y medianos mineros, que durante años han intentado formalizarse y no han podido debido a la negligencia estatal. A ellos se los podría llamar informales, aunque sigan en la ilegalidad por no tener los permisos.”

6.2 ANTECEDENTES DE LA MINERÍA ILEGAL EN COLOMBIA

Arjona³⁸ dice que la actividad minera ha evolucionado desordenadamente hasta la primera mitad del siglo XX. Para la época de la República y los gobiernos nacionales consecuentes, no existió organización ni formalización de esta práctica de manera oficial. La carencia de vigilancia por parte del Estado y la insuficiencia de las entidades encargadas del seguimiento, fueron las causas de este desarrollo inadecuado.

Este “descuido” generalizado a la industria minera, puede corresponder que, a diferencia de la industria del café, la minería no ha propiciado la fundación de patrones de establecimiento, sistemas de transporte y conexiones de consumo. En el caso de la minería de oro, no contribuye a incentivar la industria de transporte debido al alto valor del producto por kilo; además, la explotación se realizó a través de métodos no perfeccionados y mano de obra no calificada, lo que construyó un modelo flexible y de baja calidad en cuanto a entrenamiento, según Hirschman³⁹.

³⁵ COLOMBIA. Congreso de la República. Ley 685. (15,08,2001). Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C. 2001. Cap. XVII. p. 19

³⁶ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Glosario Técnico Minero, Bogotá D.C. 2015. p. 109

³⁷ EL ESPECTADOR. ¿Hay Minería Ilegal o Informal? [Sitio web]. Bogotá. D.C. CO. 16 de Abril de 2015. [Consultado el 11,08,2017]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/hay-mineria-ilegal-o-informal-articulo-555490>

³⁸ ARJONA, Andrea. El Boom Minero en Colombia: ¿Boom de la Minería Ilegal y la Minería Antitécnica? 2010

³⁹ HIRSCHMAN, Albert O. Enfoque generalizado del desarrollo por medio de enlaces, con referencia especial a los productos básico. El Trimestre Económico. 1977

Las minas colombianas se han ubicado lejos de los centros urbanos, lo que ha imposibilitado un desarrollo agrícola local. Hasta los inicios del siglo XX los asentamientos mineros dejaron de ser los enclaves tradicionales, lo que permitió una relación significativa con la economía nacional, menciona Urrutia⁴⁰. Las innovaciones técnicas se convierten en un esfuerzo tangible hacia el siglo XX, con el establecimiento de empresas organizadas, demanda de obra más calificada y la mejoría en el nivel educacional. Las mejoras fomentaron un progreso de imprevisto en cuanto a manufacturas y capital comercial en ciudades como Medellín; pero estos cambios se dieron gracias a iniciativas independientes.

Chaparro⁴¹ señala que la pequeña minería fue una de las causas del crecimiento del campo minero en Colombia. La raíz de este éxito se dio a la disminución de la inversión extranjera por parte de los países que entraron en guerra durante la primera mitad del siglo XX. Paralelamente, se desarrollaron legislaciones dándole importancia a la MAAPE, como justificación de una fuente de empleo estable.

Según el marco legal minero⁴², La minería tradicional es considerada todavía por la legislación minero-ambiental, una fuente de ingresos y empleo. El modelo de pequeña minería no ha cambiado notablemente a lo largo de los dos siglos de su consolidación.

6.3 MARCO LEGAL MINERO

El Ministerio de Minas y Energía (MME), expidió el Código de Minas (Decreto - Ley 2655 de 1988) para el desarrollo de las actividades mineras, proponiendo los siguientes objetivos:

- En la página de la UPME⁴³, explica que El Código de Minas es el encargado de regular las actividades mineras desde la etapa de producción hasta la etapa de comercialización y transporte.

⁴⁰ URRUTIA, Miguel. Los Eslabonamientos y la Historia Económica de Colombia. Desarrollo y sociedad. 2008. p.62

⁴¹ CHAPARRO, Eduardo. La llamada pequeña minería: un enfoque empresarial, CEPAL, 2007

⁴² PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Minería ilegal en Colombia. Informe preventivo. 2010

⁴³ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Marco Legal Minero. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. [Consultado el 09, Abril, 2018]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/marco/marco.htm

- La UPME⁴⁴ indica que El MME indica en cuales zonas no está permitido ejercer la actividad minera, basándose en el Decreto 2811/1974. Estas zonas destinadas para actividades como la ganadería y agricultura, o son reservas naturales.
- En la página⁴⁵ señala que en los artículos 16 y 17 del Código Minero son definidas las clases de minería (pequeña, mediana y gran escala) y se clasifican los títulos mineros según su beneficio.

En el cuadro 3 se muestran otros reglamentos relacionados con la minería

⁴⁴ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Marco Legal Minero. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. [Consultado el 09, Abril, 2018]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/marco/marco.htm

⁴⁵ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Marco Legal Minero. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. [Consultado el 09, Abril, 2018]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/marco/marco.htm

Cuadro 3. Reglamentos del marco legal minero

NORMA	TEMA	CONTENIDO
Decreto 1335/1987	Reglamento de Seguridad en las labores subterráneas	Establece disposiciones sobre la higiene y seguridad minera en las labores subterráneas
Ley 141 de 1994	Creación de Fondo Nacional y de la Comisión Nacional de Regalías	Crea el Fondo Nacional en regalías, Comisión nacional de Regalías y regula el derecho del estado a percibir regalías por la explotación de los recursos naturales no renovables
Decreto 2636/1994	Explotación de hecho en pequeña minería	Legaliza las explotaciones de hecho de la pequeña minería
Decreto 501/1995	Inscripción de los títulos mineros en el Registro minero	Reglamenta la inscripción en el registro minero de los títulos para la exploración y explotación de minerales de propiedad nacional
Decreto 1184/1995	Forma de Pago del canon superficiario	Modifica la forma de pago del canon superficiario en un plazo de diez días siguientes a la inscripción del Registro
Decreto 1358/1995	Mecanismos de conciliación	Establece el mecanismo de conciliación para los eventos de superposiciones de áreas entre explotadores de hecho y
Decreto 1481/1996	Requisitos para la inscripción títulos en el Registro minero	Establece la obtención de la licencia ambiental para la inscripción de los aportes en el registro minero nacional

Fuente: UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Marco Legal Minero. [Sitio web]. CO. [Consultado el 09,04,2018]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/marco/marco.htm

6.4 PERMISOS DE EXPLOTACIÓN MINERA

6.4.1 El Complejo Paramuno Jurisdicciones–Santurbán. En el estudio hecho por la Defensoría del Pueblo⁴⁶ se indica: También conocido como el “Nudo de Santurbán” Está situado entre los departamentos colombianos de Norte de Santander y Santander y ocupa cerca de 82664 hectáreas entre los 3000 y 4290 metros sobre el nivel del mar.

Aproximadamente, de las 82664 hectáreas totales, el 73,92% se hallan en el territorio de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corporonor) y el 26,08% restante, está ubicado en el territorio de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), señalada en el estudio de La minería de hecho en Colombia⁴⁷.

La publicación señala⁴⁸ que a pesar de que estos territorios son considerados sitios estratégicos como reserva natural, al ser zonas de recarga y regulación de agua; se han concedido 44 permisos para explotación minera, abarcando un área de 23380 hectáreas. El 23 de diciembre de 2009, la compañía Greystar Resources LTDA propuso el proyecto Angostura, solicitó una licencia ambiental global para la explotación de minerales Auroargentíferos, que se dará a lugar en los municipios de Veta y California, Santander.

La Defensoría del Pueblo⁴⁹ menciona que en abril de 2010, un nuevo estudio de impacto ambiental fue solicitado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible (MAVDT) a la compañía Greystar, debido a que gran parte del proyecto se desarrollaba en zonas de páramo. El MAVDT abolió la petición presentada por la compañía. Se está revisando el estudio de impacto ambiental minuciosamente para contrastar la viabilidad del proyecto.

La aprobación del proyecto puede traer varios problemas ambientales y sociales, relacionando también la vulnerabilidad a los derechos humanos relacionados con el aprovechamiento de los recursos naturales, como lo son la seguridad alimentaria, el derecho al agua, derecho a un ambiente sano, goce de un ambiente sano, entre otros, según la publicación de la Defensoría del Pueblo⁵⁰.

⁴⁶ DEFENSORÍA DEL PUEBLO. La Minería de Hecho en Colombia. [Sitio Web]. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia, 2010, p. 51. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F11B784C597AC0F005257A310058CA31/%24FILE/La-miner%C3%ADa-de-hecho-en-Colombia.pdf. ISBN 958-958-8571-29-4

⁴⁷ Ibid., p. 51

⁴⁸ Ibid., p. 51

⁴⁹ Ibid., p. 52

⁵⁰ Ibid., p. 52

El libro⁵¹ indica que el proyecto Angostura estima que de las 1075400000 toneladas explotadas de material, el 30,7% es de mineral útil, es decir 330600000 toneladas. Según los cálculos referenciados en el artículo de La Defensoría del Pueblo, esto equivale a usar 7000 toneladas de ANFO (Ammonium Nitrate - Fuel Oil) mensuales, 1200 toneladas de cianuro y 4860 toneladas de emulsión; causando grandes impactos principalmente a los cuerpos de agua, debido a los vertimientos.

6.4.2 Complejo Paramuno de Pisba. El estudio⁵² menciona que está situado entre los departamentos de Boyacá y Casanare, ocupando una extensión de 81481 hectáreas entre los 3100 y 4100 metros sobre el nivel del mar (msnm). 16,58% del área (13508 hectáreas) ha sido destinado para proyectos mineros; además que en la zona de Tasco (Boyacá), varios años, se han venido desarrollando explotaciones mineras ilegales.

Con la resolución No. 2426, la Corporación Autónoma Regional De Boyacá (Corpoboyacá) tomó cartas en el asunto, decomisando una retroexcavadora, nueve volquetas, suspendiendo seis actividades mineras destinadas al beneficio del carbón y anuló una vía de acceso.

⁵¹ Ibid., p. 52

⁵² Ibid., p. 49

7. TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS USADAS EN LA MINERÍA AURÍFERA EN COLOMBIA

El PNUMA⁵³, en su estudio llamado Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala, dice que en la minería artesanal, los trabajadores no poseen conocimientos técnicos, lo que conlleva al uso de técnicas y tecnologías rudimentarias para el beneficio del oro. En la MAAPE las técnicas y la maquinaria son más avanzadas, beneficiando la obtención del mineral y minimizando relativamente el impacto ambiental. Hay un grado más elevado de conocimiento por parte de los trabajadores.

7.1 OBTENCIÓN DEL ORO DE YACIMIENTOS PRIMARIOS O DE FILÓN

7.1.1 Trituración y Molienda. Caicedo⁵⁴, en su estudio, menciona que en este proceso el mineral es triturado (la gran mayoría de veces de forma manual) y molido por medio de molinos de barril o de pisones para alcanzar el tamaño requerido, para ser llevado a los tratamientos posteriores. En la publicación del PNUMA⁵⁵, se relata que el tamaño es una variable muy importante, ya que entre más fino sea el polvo, habrá más superficie de contacto, modificando directamente las variables de consumo de energía, la cantidad de reactivos usados, tiempos de proceso, eficiencia y recuperación del mineral. Sin embargo, la falta de conocimiento de los trabajadores, conlleva a que esta variable no sea manejada apropiadamente, causando mayores liberaciones y emisiones de mercurio.

7.1.2 Concentración gravimétrica. Es una técnica para concentrar el mineral deseado (oro) por medio de la gravedad, según Caicedo⁵⁶. En la sinopsis del PNUMA⁵⁷ explica que se realiza en tanques de sedimentación, bateas, jigs, mesas de golpe y concentraciones de espiral. El objetivo es separar el oro de los minerales indeseados o de bajo interés económico.

⁵³ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala. [Sitio Web]. Bogotá D.C. 2012. p. 28. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf

⁵⁴ CAICEDO GONZÁLEZ, Sor Liliana. Planteamiento De Una Tecnología De Producción Más Limpia Para El Proceso De Beneficio De Oro Sin Mercurio. Trabajo de grado. Ingeniera de Producción Biotecnológica. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C. 2012. p. 6

⁵⁵ PNUMA, Op., Cit., p. 30-31

⁵⁶ Ibid., p. 6

⁵⁷ PNUMA, Op., Cit., p. 33

7.1.3 Amalgamación. Como se ha explicado en capítulos anteriores, la amalgamación consiste en agregar grandes cantidades de mercurio al mineral de oro para formar la amalgama mercurio-oro. El exceso de mercurio es retirado por medio de mallas y es lavado para recuperar la pasta (amalgama). Posteriormente se quema la amalgama eliminando el mercurio por medio de la evaporación y concentrando el oro. Es la etapa más crítica debido a alto grado de contaminación ambiental, según la explicación del PNUMA⁵⁸.

7.1.4 Cianuración. Caicedo⁵⁹ explica que consiste en recuperar el oro del material grueso saliente de los procesos de amalgamación. Se añaden soluciones diluidas de cianuro alcalino, y una vez se estima que todo o gran parte del oro está precipitado, se somete al calentamiento, evaporando las soluciones de cianuro, agua y mercurio, logrando una pasta totalmente seca, dicho por el PNUMA⁶⁰.

⁵⁸ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala. [Sitio Web]. Bogotá D.C. 2012. p. 36. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf

⁵⁹ CAICEDO GONZÁLEZ, Sor Liliana. Planteamiento De Una Tecnología De Producción Más Limpia Para El Proceso De Beneficio De Oro Sin Mercurio. Trabajo de grado. Ingeniera de Producción Biotecnológica. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C. 2012. p. 6

⁶⁰ PNUMA, Op., Cit., p. 39

8. CASOS DE ACCIDENTES EN MINERÍA EN COLOMBIA

En un sondeo hecho por la Defensoría del Pueblo en los últimos tres años, se registraron por lo menos 220 víctimas mortales a causa de accidentes en minas auríferas y carboneras. En cuadros 2 y 3 se explica detalladamente los hechos:

Cuadro 4. Accidentes en minería en diferentes departamentos

Departamento	Municipio	Fecha del Accidente	Causas	Número de muertos
Antioquia	Amagá	06/08/2009	Explosión por acumulación de gases	9
Antioquia	Amagá	11/11/2008	Inundación de agua	5
Antioquia	Amagá	16/06/2010	Demumbes y acumulación de gases	73
Antioquia	Angelópolis	01/09/2010	Rompimiento de una caverna llena de agua dentro de la mina	1
Valle del Cauca	Buenaventura	2009-2010	Demumbes, trabajo cerca de las maquinas, fuertes corrientes del río.	8
Huila	Campoalegre	20/10/2003	Demumbe	1
Boyacá	Corrales	18/06/2010	Asfixia por concentración de dióxido de carbón	2
Boyacá	Corrales	Enero de 2010	Acumulación de gases	3
Cundinamarca	Cucunubá	31/07/2008	Acumulación de gases	8
La Guajira	El Cerejón	04/08/2010	Demumbe de una plataforma durante trabajos de reparación	4
Boyacá	Gámeza	2007	Explosión por acumulación de gases	8
Valle del Cauca	Jamundí	julio de 2010	Explosión	3

Fuente: DEFENSORÍA DEL PUEBLO. La Minería de Hecho en Colombia. [Sitio Web]. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia, 2010, p. 36. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F11B784C597AC0F005257A310058CA31/%24FILE/La-miner%C3%ADa-de-hecho-en-Colombia.pdf. ISBN 958-958-8571-29-4

El 16 de junio de 2010, fue el día donde más hubo cantidad de víctimas mortales; se debió a la acumulación de metano combinado con polvo de carbón, debido a la alta producción de la empresa Carbones San Fernando (800 toneladas diarias).

Según el cuadro 2, la mayoría de los accidentes se debe a acumulación de gases tóxicos o de combustión, debido a que las minas no poseen una ventilación adecuada para el escape de estos gases.

Cuadro 5. Accidentes en minería en diferentes departamentos

Departamento	Municipio	Fecha del Accidente	Causas	Número de muertos
Cundinamarca	Lenguazaque	2010	Varias causas	5
Boyacá	Mongua	01/12/2008	Explosión al parecer por la acumulación de gas metano	7
Boyacá	Motavita	17/03/2009	Derumbe	2
Norte de Santander	Sardinata	03/02/2007	Explosión	32
Norte de Santander	Sardinata	05/10/2010	Una presunta deflagración de metano en la mina de carbón como la causante de la explosión	6
Boyacá	Socotá	14/02/2009	Explosión por acumulación de gases	5
Cauca	Suárez	13 y 14/10/2007	Derumbe en una mina artesanal	21
Cauca	Suárez	Diciembre de 2008	Desprendimiento de tierra	1
Chocó	Tadó	21/04/2009	Derumbe de una mina de oro	8
Boyacá	Tasco	10/10/2010	Derumbe	2
Boyacá	Tunja	19/02/2010	Acumulación de dióxido de carbono	2
La Guajira	El Cerrejón	04/08/2010	Caída de una plataforma donde se encontraban 16 trabajadores	4

Fuente: DEFENSORÍA DEL PUEBLO. La Minería de Hecho en Colombia. [Sitio Web]. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia, 2010, p. 36. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F11B784C597AC0F005257A310058CA31/%24FILE/La-miner%C3%ADa-de-hecho-en-Colombia.pdf. ISBN 958-958-8571-29-4

La Defensoría del Pueblo⁶¹ indica que según las estadísticas de la Defensoría Regional de Boyacá, cuatro mineros mueren mensualmente. A noviembre de 2010, solo en ese departamento, han fallecido 40 personas en el mismo contexto.

El libro⁶² menciona que la mayoría de mineros son de bajos recursos, trabajan en condiciones inhumanas, ya que la regulación del estado es poca o nula. Carecen de atenciones a la salud, servicios públicos, vivienda digna, protección por parte del estado y están expuestos a enfermedades debido a la falta de higiene y enfermedades de transmisión sexual.

⁶¹ DEFENSORÍA DEL PUEBLO. La Minería de Hecho en Colombia. [Sitio Web]. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia, 2010, p. 37. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F11B784C597AC0F005257A310058CA31/%24FILE/La-miner%C3%ADa-de-hecho-en-Colombia.pdf. ISBN 958-958-8571-29-4

⁶² DEFENSORÍA DEL PUEBLO. La Minería de Hecho en Colombia. [Sitio Web]. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia, 2010, p. 38. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F11B784C597AC0F005257A310058CA31/%24FILE/La-miner%C3%ADa-de-hecho-en-Colombia.pdf. ISBN 958-958-8571-29-4

9. MERCURIO

El estudio del PNUMA⁶³ explica que el mercurio (Hg) es el único metal en estado líquido a condiciones de presión y temperatura normales, debido a su bajo punto de fusión (-38.83°C). Posee una masa atómica de 200.6 g/mol, una gravedad específica de 13.6 g/cm³; y como la mayoría de los metales, es un buen conductor del calor y la electricidad. A 25°C la presión de vapor es de 0.002 mmHg. Debido a su alta volatilidad, si se calienta por encima de los 40°C, produce vapores tóxicos y corrosivos. Por calentamiento intenso, reacciona violentamente con amoníaco y halógenos; y forma amalgamas con aluminio y otros metales.

Los efectos causados por una corta exposición son la irritación en la piel, neumonitis; y pueden aparecer efectos retardados como afectación al riñón y al sistema nervioso central. En el caso de una exposición prolongada produce alteraciones en la parte mental, el habla, la memoria, decoloración e inflamación de las encías y efectos tóxicos en la reproducción humana.

La hoja de seguridad del mercurio está anexada al final del documento.

9.1 APLICACIÓN DEL MERCURIO EN LA MINERÍA DE ORO

El PNUMA⁶⁴ explica que el mercurio es usado como mecanismo para extraer el oro de las impurezas como arena, rocas y otras que lo acompañan. Como se explicó anteriormente, una de las características del mercurio es formar amalgamas con diferentes metales, entre ellos, el oro; adhiriéndose a él para facilitar la separación de las impurezas. La amalgama es calentada para evaporar el mercurio, dejando el oro libre.

En la investigación hecha por Tierra Digna⁶⁵ se explica que 1.600 toneladas al año de mercurio son liberadas al medio ambiente a causa de la MAAPE y artesanal.

⁶³ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala. [Sitio Web]. Bogotá D.C. 2012. p. 20. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf

⁶⁴ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). El Uso del Mercurio en la Minería del Oro Artesanal y en Pequeña Escala. [Sitio Web]. p. 4. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf

⁶⁵ TIERRA DIGNA. La Minería en Chocó, en Clave de Derechos. Investigación y Propuestas para Convertir la Crisis Socioambiental en Paz y Justicia Territorial. [Sitio Web] Bogotá D.C.: Conarte Litografía, 2016, p. 75. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://tierradigna.org/pdfs/LA%20MINERIA%20EN%20CHOCO_web.pdf. ISBN: 978-958-59202-3-1

9.2 MERCADO DE MERCURIO EN COLOMBIA

Colombia no es productor de mercurio, por lo tanto, se ha tenido que importar de países como España, Alemania, Argentina, EE.UU., entre otros. Las estadísticas de comercialización de mercurio carecen de información confiable debido a que las entidades encargadas no hacen reportes públicos.

A continuación, se muestran las importaciones de mercurio en Colombia desde 2007 al 2013:

Tabla 1. Importaciones de mercurio de diferentes países del mundo

PAÍS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Argentina	26.0	40.0		39.0			10.0
Australia				82.0			
Bélgica	60,000.0					15.0	
Brasil							26.0
Chile				2,208.0	990.0	3,045.0	
Alemania	300.0	300.0	559.0	1,116.0	39.0	59.0	93.0
México				1.0	0.0	1.0	2.0
Perú		43.0	95.0		21.0	82.0	
Singapur						1,872.0	
España				2.0	4.0	18.0	71.0
Suecia	141.0	20.0	41.0		74.0		
Suiza						0.0	
EE.UU.			1,669.0		1,052.0		
Total general	60,467.0	499.0	2,384.0	4,618.0	2,928.0	5,130.0	202.0

Fuente: UN-Comtrade

Según la base de datos Legiscomex⁶⁶, también se reportan países importadores de mercurio a Colombia entre 2003 y 2013 a España, México, Países Bajos, EE.UU., Alemania, China, Perú, Kirguistán, Japón, Rusia, Francia, Reino Unido e Italia.

En la siguiente tabla se muestran las importaciones de mercurio según la base de datos Legiscomex:

⁶⁶ LEGISCOMEX Citado por MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (Minminas) y UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Estudio de la Cadena del Mercurio en Colombia con Énfasis en la Actividad Minera de Oro. [Sitio Web]. Neiva. Sec. Minería. 2014. p. 28. [Consultado 15, Julio, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.upme.gov.co/SeccionMineria_sp/cadena_de_mercurio/Cadena_Mercurio_Tomo_I.pdf

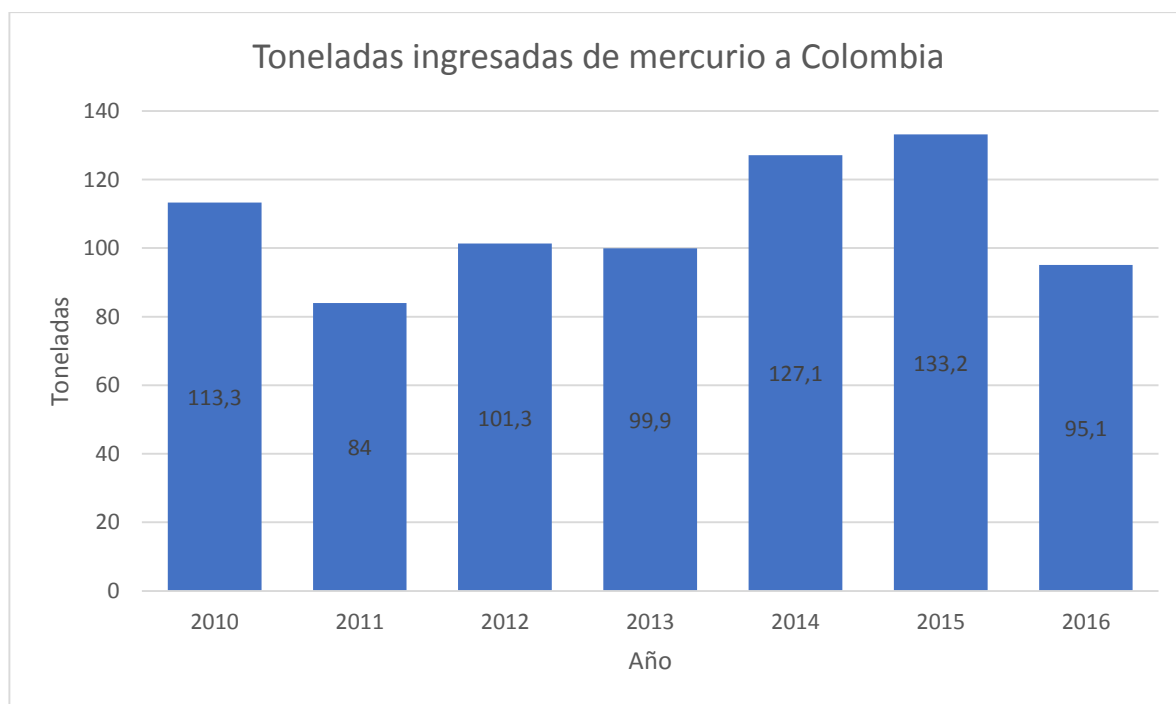
Tabla 2. Importaciones de mercurio en Colombia 2003-2013

País	Total país			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	(kg)	(%)	Ranking											
España	271.494,0	27,0	1	86.871,0	7.176,0	35.121,0	26.571,9	9.487,5	19.044,0	16.215,2	31.395,1	29.428,5	6,3	10.177,5
México	219.788,7	21,8	2			1.207,5	3.000,0	11.952,0	13.336,7	27.874,5	2.587,5	26.910,0	63.029,7	69.890,8
Países Bajos	180.262,5	17,9	3		10.384,0	9.315,0	22.252,5	28.255,5	25.358,0	59.685,0	25.012,5			
EE.UU.	152.098,7	15,1	4		34,0	5.983,0	3.995,2	16.113,8	10.358,6	37.947,5	6.913,3	13.650,8	35.540,0	21.562,5
Alemania	89.664,2	8,9	5	7.592,0	3.450,0	2.070,0	1.726,8	8.283,3	8.626,5	8.678,8	38.886,5	6.900,3	3.450,0	
China	22.292,5	2,2	6	12.598,0		1.207,5						6.900,0	207,0	1.380,0
Perú	21.737,5	2,2	7		1.725,0	16.062,5	3.950,0							
Kirguistán	16.870,5	1,7	8						1.276,5		3.519,0	12.075,0		
Japón	13.248,0	1,3	9								2.587,5	10.660,5		
Rusia	11.901,0	1,2	10			1.656,0		3.000,0	6.210,0					1.035,0
Francia	4.421,0	0,4	11	4.021,0	400,0									
Reino Unido	2.309,0	0,2	12					828,0	1.380,0			100,0	1,0	
Italia	11,2	0,0	13	1,0	2,0		5,2	1,8	0,6	0,6				
Total	1.006.098,8	100,0		111.083,0	23.171,0	72.622,5	61.501,6	77.921,9	85.590,9	150.401,6	110.901,4	106.625,1	102.234,0	104.045,8

Fuente: Legiscomex

En la gráfica 5 se muestran las importaciones según el Ministerio de Comercio Exterior:

Gráfica 5. Toneladas ingresadas de mercurio a Colombia 2010-2016



Fuente: CARACOL RADIO. El Gobierno Prohíbe La Importación De Mercurio Para Minería Desde Septiembre. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. 2 de enero de 2017. [Consultado el 14, Septiembre ,2017]. Disponible en: http://caracol.com.co/radio/2017/01/02/nacional/1483378810_812235.html

El Decreto 2133 del 22 de diciembre de 2016 dice: “Las personas o empresas que importen o comercialicen mercurio en el país deberán inscribirse en el Registro Único Nacional de Importadores y Comercializadores ante el Ministerio de

Comercio, Industria y Turismo.” Como dice en la publicación de Caracol Radio⁶⁷. Dando control a las importaciones de mercurio, debido a que ingresaba al país sin ningún tipo de restricción. El decreto establece que habrá una importación anual de 63 toneladas, de las cuales, 40 toneladas podrán ingresar al país desde que se publique el Decreto en el Diario Oficial hasta el 15 de junio y las 23 toneladas restantes deberán ingresar entre el 16 de junio y el 15 de septiembre de 2017; y entre el 16 de septiembre de 2017 y el 15 de septiembre de 2020, solo ingresarán 2 toneladas anuales destinadas a diferentes actividades industriales, exceptuando la de minería. Explicado en la publicación de Caracol Radio⁶⁸.

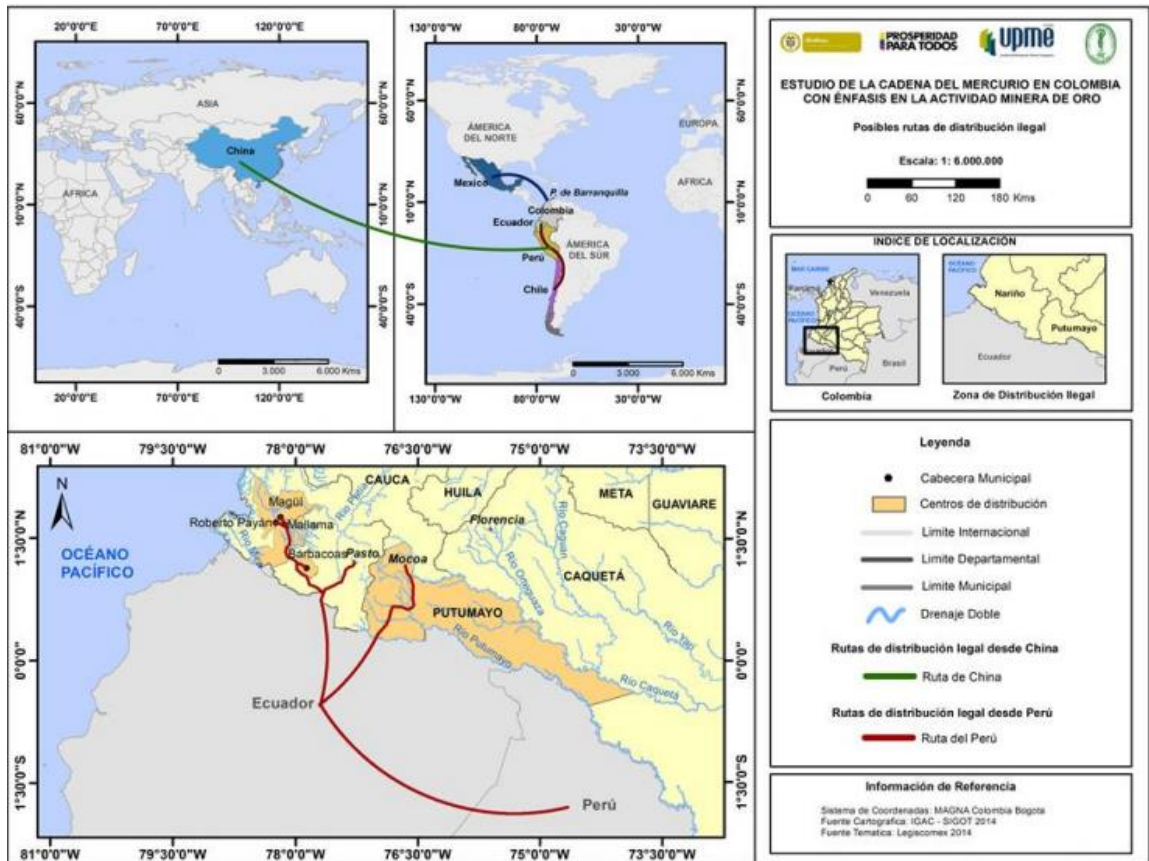
9.2.1 Contrabando de mercurio para la minería ilegal. Según el estudio hecho por el Ministerio de Minas y Energía⁶⁹ sobre la cadena de mercurio en Colombia, las incautaciones de mercurio y los reportes de países suramericanos, indican que Perú es el principal proveedor de este metal en la región de Suramérica enviado por vía marítima o terrestre. En Colombia, la entrada se da principalmente por Putumayo y Nariño, donde el mercurio se distribuye a los distintos puntos mineros. A continuación se muestra el mapa de las posibles rutas de contrabando del mercurio:

⁶⁷ CARACOL RADIO. El Gobierno Prohíbe La Importación De Mercurio Para Minería Desde Septiembre. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. 2 de enero de 2017. [Consultado el 14, Septiembre, 2017]. Disponible en: http://caracol.com.co/radio/2017/01/02/nacional/1483378810_812235.html

⁶⁸ CARACOL RADIO. El Gobierno Prohíbe La Importación De Mercurio Para Minería Desde Septiembre. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. 2 de enero de 2017. [Consultado el 14, Septiembre, 2017]. Disponible en: http://caracol.com.co/radio/2017/01/02/nacional/1483378810_812235.html

⁶⁹ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (Minminas) y UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Estudio de la Cadena del Mercurio en Colombia con Énfasis en la Actividad Minera de Oro. [Sitio Web]. Neiva. Sec. Minería. 2014. p. 193. [Consultado 15, Julio, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.upme.gov.co/SeccionMineria_sp/cadena_de_mercurio/Cadena_Mercurio_Tomo_I.pdf

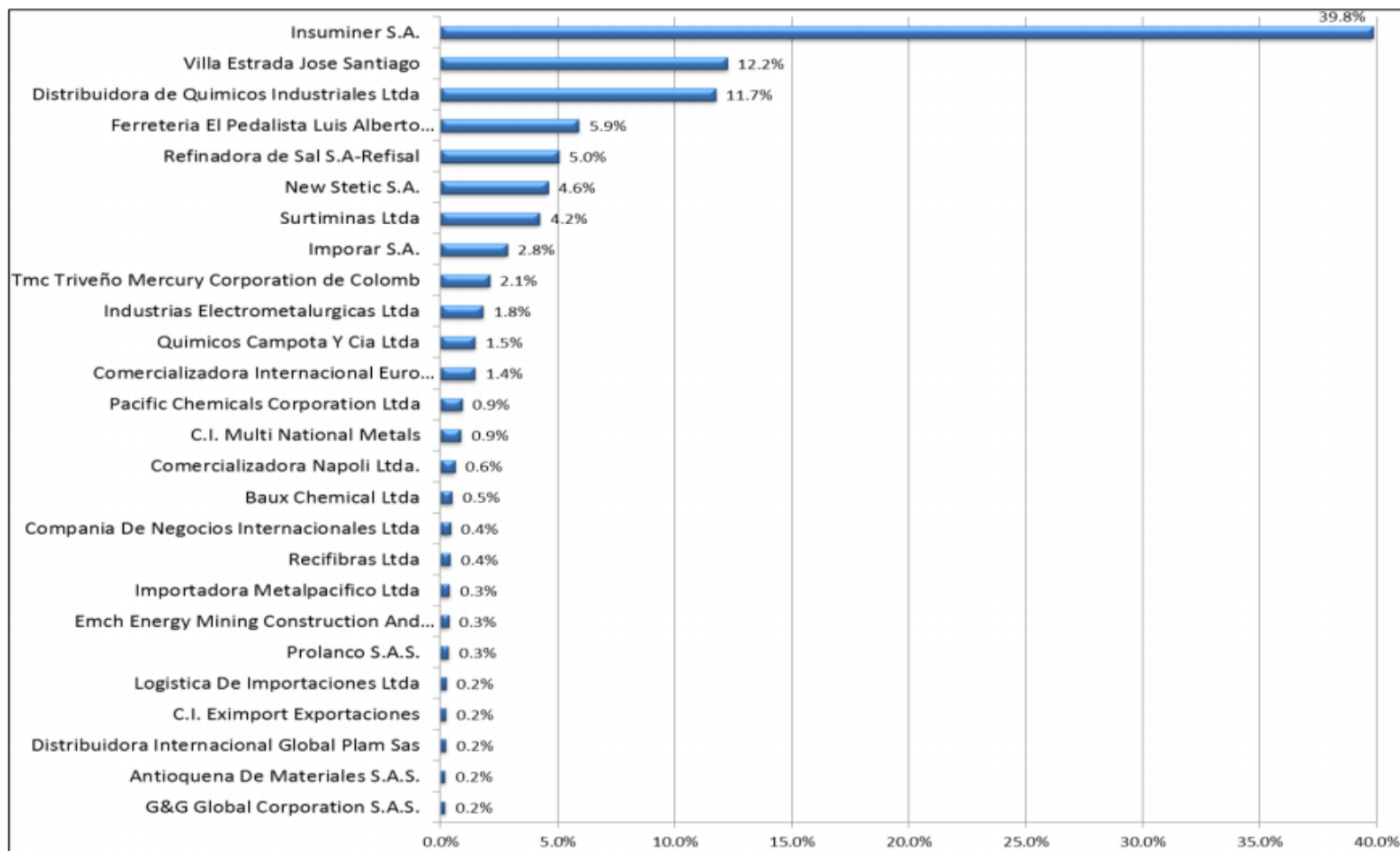
Gráfica 6. Mapa de las rutas de contrabando de mercurio en Colombia



Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (Minminas) y UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Estudio de la Cadena del Mercurio en Colombia con Énfasis en la Actividad Minera de Oro. [Sitio Web]. Neiva. Sec. Minería. 2014. p. 193. [Consultado 15, Julio, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.upme.gov.co/SeccionMineria_sp/cadena_de_mercurio/Cadena_Mercurio_Tomo_I.pdf

9.2.2 Empresas importadoras de mercurio. Según el ministerio de Minas y Energía La empresa Insuminer S.A. fue la mayor importadora de mercurio con casi el 40% del ingreso total entre los años 2003 y 2013, seguida de las empresas Villa Estrada José Santiago con 12,2% y Distribuidora de Químicos Industriales LTDA con el 11,7%. A continuación, se muestran las empresas y la cantidad de mercurio que han importado de 2003 al 2013:

Gráfica 7. Empresas y cantidad de mercurio importada por estas



Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA y UPME. Estudio de la Cadena del Mercurio en Colombia con Énfasis en la Actividad Minera de Oro. Neiva, 2014. p. 155

10. PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES Y SOCIALES QUE TRAE EL USO DE MERCURIO EN LA MINERÍA

Según el PNUMA⁷⁰, algunos factores que influyen en las emisiones y liberación de mercurio son tecnologías utilizadas, técnicas utilizadas, composición del yacimiento, falta de preparación de los mineros, facilidad de acceso al mercurio y el control de las autoridades. En la minería de oro artesanal los mineros entrar en contacto con el mercurio a través de la vía dérmica o inhalación.

10.1 IMPACTOS AMBIENTALES

10.1.1 Elementos que influyen en las liberaciones y emisiones de mercurio al ambiente

- **Composición del yacimiento.** Según el estudio del PNUMA⁷¹, los óxidos y sales conformados por la presencia de minerales como carbón, estaño, plomo, zinc, entre otros; dificultan el proceso de amalgamación, lo que conlleva a utilizar más mercurio para facilitar la amalgamación.
- **Tecnología utilizada.** El PNUMA⁷² explica que en muchos casos, los equipos utilizados para la amalgamación en la minería a pequeña a escala, son de baja eficiencia y/o muy atrasados, o son usados en procesos diferentes a los cuales están diseñado; lo que conlleva a un uso excesivo de mercurio y poco beneficio del oro y mayor cantidad liberaciones de mercurio.
- **Técnica utilizada.** El PNUMA⁷³ explica que las liberaciones de mercurio están relacionadas más por las técnicas utilizadas, que por las tecnologías usadas. Como se menciona en el estudio del PNUMA, un ejemplo, es la quema de la amalgama al aire libre; en vez de hacer el proceso en circuitos cerrados (retortas), causando emisiones de vapores tóxicos al ambiente.

⁷⁰ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala. [Sitio Web]. Bogotá D.C. 2012. p. 58. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf

⁷¹ Ibid., p. 46

⁷² Ibid., p. 46

⁷³ Ibid., p. 46

- **Falta de conocimiento de los mineros.** Según el PNUMA⁷⁴, la falta de capacitación y conocimiento por parte de los trabajadores, conlleva a que haya una pésima disposición de los residuos, mal manejo de los equipos y las técnicas utilizadas, mal control de los procesos, entre otros; siendo un factor de riesgo de la contaminación con mercurio al ambiente y a la salud.

- **El precio del mercurio y su facilidad de compra.** El incremento o decremento de la contaminación está relacionada también con el precio, debido a que si el costo del mercurio sube, será más complicado acceder al mismo, manejándolo con más cuidado; expuesto en el estudio hecho por el PNUMA⁷⁵.

- **Control de las autoridades.** El PNUMA⁷⁶ dice que entre mayor sea el control del estado en cuanto a los procesos y uso mercurio, mejor será el manejo de este metal. Gracias al apoyo de las autoridades, muchos procesos han tenido que ser mejorados para mitigar las liberaciones de mercurio; pero lastimosamente estas medidas se tomaron por demandas hechas por comunidades afectas y no por iniciativa propia del gobierno.

10.1.2 Liberación de mercurio al suelo, al agua y a la atmosfera

10.1.2.1 Liberaciones sólidas. De acuerdo al estudio del PNUMA⁷⁷, provienen de los procesos de amalgamación y en menor proporción, de la fundición del oro.

10.1.2.2 Liberaciones líquidas. Hay cuatro tipos de residuos líquidos que contienen mercurio proveniente de la minería a pequeña escala:

- **Aguas mercuriosas.** En el estudio del PNUMA⁷⁸, se explica que derivan de la fase de amalgamación hecha en sistemas abiertos, donde los residuos de mercurio y amalgama son arrastrados por efluentes, llegando a almacenamientos de agua natural.

⁷⁴ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala. [Sitio Web]. Bogotá D.C. 2012. p. 47. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf

⁷⁵ Ibid., p. 47

⁷⁶ Ibid., p. 47

⁷⁷ Ibid., p. 47

⁷⁸ Ibid., p. 49

- **Aguas ciánicas.** Según el PNUMA⁷⁹, el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y el hipoclorito (ClO⁻) se mezclan con los lodos residuales, provenientes de las colas de cianuración, para neutralizar el cianuro; pero este método causa la formación de nuevos compuestos como el cloruro mercurioso (HgCl) y el cloruro mercúrico (HgCl₂). son neutralizados con peróxido de hidrógeno e hipoclorito.

- **Aguas de destilación ácida.** En la publicación del PNUMA⁸⁰ se explica que Son generadas cuando la amalgama se diluye en mezclas calientes de ácido sulfúrico, ácido nítrico y ácido clorhídrico. El oro disuelto se recupera por medio la precipitación y la fundición. Para neutralizar la solución de ácido, se le agrega cal y agua. La disposición de estas aguas residuales, va directo a cuerpos de agua o al suelo.

- **Aguas de purificación de oro.** Posterior a la fundición, el oro no está puro, si no que presenta aleaciones con plata, zinc, plomo, cobre y hierro. Para separarlo de estas impurezas, la mezcla se disuelve en ácido nítrico; el oro se precipita y nuevamente la disolución resultante es neutralizada con cal y agua, y es vertida en el suelo o el agua; expone el PNUMA⁸¹.

10.1.2.3 Emisiones gaseosas. Como se mencionó en las propiedades del mercurio, a condiciones normales de presión, este puede evaporarse después de los 40°C, generando vapores tóxicos y corrosivos.

- **Evaporación de mercurio metálico.** En el estudio del PNUMA⁸², se expone que debido a la alta volatilidad del mercurio, este puede evaporarse a condiciones normales. Esto sucede cuando el mercurio es almacenado en recipientes abiertos.

- **Destilación de amalgamas al fuego.** Para separar el mercurio del oro, la amalgama es sometida al fuego para evaporar el mercurio.

- **Destilación de amalgamas en disolución de ácido.** Explica que el PNUMA⁸³ que el proceso explicado anteriormente, donde la amalgama es disuelta en las disoluciones de ácido caliente; el mercurio se evapora en forma elemental o en forma de compuestos de mercurio como cloratos, nitratos y sulfatos.

⁷⁹ Ibid., p. 49

⁸⁰ Ibid., p. 49

⁸¹ Ibid., p. 49

⁸² Ibid., p. 50

⁸³ Ibid., p. 51

• **Fundición de amalgamas.** Las amalgamas son fundidas para eliminar el mercurio y obtener el oro libre. Esto trae un gran impacto ambiental debido a las emisiones de vapores tóxicos que se generan. Además de la emisión de mercurio gaseoso, se generan complejos de mercurio como sulfatos, óxidos y boratos, según el PNUMA⁸⁴.

10.2 IMPACTOS A LA SALUD HUMANA

En el estudio la sinopsis de la minería aurífera⁸⁵, se explica que los tipos de intoxicación por mercurio pueden ser aguda o crónica: La intoxicación aguda consiste en la exposición de concentraciones elevadas de mercurio en poco tiempo, afectando seriamente la función neurológica e incluso puede causar la muerte; y la intoxicación crónica consiste en la exposición a bajas concentraciones de mercurio en periodos largos. Un diagnóstico de este tipo de intoxicación es complicado, debido a que los síntomas son casi indetectables por su gran periodo de latencia. Además del daño al sistema nervioso, el mercurio afecta el sistema respiratorio, inmunológico, reproductor, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular y riñones.

10.3 IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS

El PNUMA⁸⁶ menciona que la MAAPE genera gran cantidad de empleo, pero hay vulneración a los derechos de los trabajadores, ya que en este proceso, hay gran cantidad de mujeres y niños; además que los empleados no poseen un seguro social, salud y tampoco protección adecuada en caso de accidentes. La falta de capacitación y conocimiento de los mineros también es un factor para que haya más probabilidad de accidentes.

Como se había mencionado al principio, el precio del oro puede ser una causa para la presencia de grupos armados ilegales, ocasionando el desplazamiento de comunidades indígenas, afrocolombianas y campesinos.

10.3.1 Accidentes con mercurio en Colombia. La organización ‘Tierra Digna’ hizo una denuncia ante la Corte Constitucional, sobre la muerte de 34 niños en Chocó debido a la contaminación de mercurio en los ríos de la zona.

⁸⁴ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala. [Sitio Web]. Bogotá D.C. 2012. p. 51. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf

⁸⁵ Ibid., p. 58

⁸⁶ Ibid., p. 63

En la publicación de El Colombiano⁸⁷, el demandante dijo que la contaminación por mercurio ha tenido graves repercusiones en poblaciones indígenas y afrocolombianas aledañas a la parte del bajo Atrato (Riosucio).

El Colombiano⁸⁸ explica que en 2014 se reportó la muerte de 34 niños pertenecientes al pueblo indígena Embera Katío, por la ingesta de agua contaminada y en 2013 se reportó la muerte de 3 menores y la intoxicación de 64 niños.

10.3.2 Convenio de Minamata. En la página web de la ONU⁸⁹ y el convenio de Minamata, dice que el convenio de Minamata consiste en un tratado internacional, creado para evitar los impactos ambientales y a la salud humana que causados por el uso del mercurio. El convenio fue creado en octubre del 2013 en la Conferencia de Plenipotenciarios, realizada en Japón (Kumamoto).

Entre los compromisos que se estipulan dentro del Convenio de Minamata⁹⁰, se encuentran: “la prohibición de nuevas minas con uso de mercurio, la eliminación gradual de las existentes, la reducción del uso del mercurio en una serie de productos y procesos; la promoción de medidas de control de las emisiones a la atmósfera y de las emisiones a la tierra y al agua, así como la regulación inexistente del sector de la minería artesanal y a pequeña escala”. De igual manera, se contempla el control de las emisiones que afectan a las poblaciones humanas, a lo largo de su ciclo de vida; almacenando provisionalmente el mercurio y los residuos de su eliminación, además de atender los puntos contaminados y los temas sanitarios.

⁸⁷ EL COLOMBIANO. Mercurio En El Agua Habría Causado Muerte De 34 Niños En Chocó. [Sitio web]. CO. 3 de febrero del 2016. [Consultado el 12, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.elcolombiano.com/colombia/mercurio-en-el-agua-seria-causal-de-muertes-de-ninos-en-choco-HM3538595>

⁸⁸ EL COLOMBIANO. Mercurio En El Agua Habría Causado Muerte De 34 Niños En Chocó. [Sitio web]. CO. 3 de febrero del 2016. [Consultado el 12, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.elcolombiano.com/colombia/mercurio-en-el-agua-seria-causal-de-muertes-de-ninos-en-choco-HM3538595>

⁸⁹ ONU y CONVENIO DE MINAMATA SOBRE EL MERCURIO. Convenio. [Sitio web]. [Consultado el 12, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.mercuryconvention.org/Convenio/tabid/5690/language/es-CO/Default.aspx>

⁹⁰ ONU y CONVENIO DE MINAMATA SOBRE EL MERCURIO. Convenio. [Sitio web]. [Consultado el 12, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.mercuryconvention.org/Convenio/tabid/5690/language/es-CO/Default.aspx>

En la publicación de Caracol Radio⁹¹ indica que en Colombia, la ratificación del Convenio Internacional de Minamata ha ido avanzando paulatinamente en el Congreso de la República. Con 13 votos, se aprobó el proyecto de ley en la comisión segunda de la Cámara de Representantes pasar a un último debate.

Sin embargo, hay personas como Camilo Prieto, que declaró ante El Espectador, que la aprobación del Convenio en Colombia no tendría cambio significativo gracias a la legislación actual; específicamente la ley 1658 de 2013, que propone erradicar el uso del mercurio en 2018 para la minería, y en 2023 para la industria, según Caracol Radio⁹².

Los esfuerzos, sin embargo, no dejan de ser necesarios en un país como Colombia, que es el segundo país emisor de mercurio en el mundo, después de China.

⁹¹ CARACOL RADIO. A Último Debate Pasa Proyecto Que Ratifica Convenio De Minamata En Colombia. [Sitio web]. Nacional. [Consultado el 12, Febrero, 2018]. Disponible en: http://caracol.com.co/radio/2017/11/01/nacional/1509498154_649248.html

⁹² CARACOL RADIO. A Último Debate Pasa Proyecto Que Ratifica Convenio De Minamata En Colombia. [Sitio web]. Nacional. [Consultado el 12, Febrero, 2018]. Disponible en: http://caracol.com.co/radio/2017/11/01/nacional/1509498154_649248.html

11. TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS PARA ELIMINAR EL MERCURIO DE LA MINERÍA AURÍFERA

11.1 TÉCNICAS GRAVITACIONALES

La Universidad Nacional de Colombia, ha creado un método de separación entre metales pesados y livianos, que atrapa el oro sin utilizar mercurio. Este método es posible a través de técnicas gravitacionales que optimizan el proceso logrando un 95% (con mercurio se logra el 45%). Se basa en la densidad del oro como propiedad, y la separación se logra usando la gravedad en procesos gravitacionales que involucran la flotación.

Según el artículo de El Tiempo⁹³, la práctica se ha socializado desde el 2012 en municipios con los consumos de mercurio más elevados a nivel mundial en procesos de minería, como es el caso de Segovia y Remedios, zonas que alcanzan las 14 toneladas al año.

Óscar Jaime Restrepo habla ante periódica El Tiempo⁹⁴ que las alternativas para eliminar no son ninguna novedad, si no que el reto está en acercarse a los mineros para cambiar su mentalidad en cuanto al cambio de proceso que lleva establecido por décadas.

Según el artículo de El Tiempo⁹⁵, además del cambio de proceso, se necesita una inversión en equipos para el montaje de plantas, que van desde los 50 hasta los 1000 millones de pesos dependiendo del tamaño y la capacidad de producción.

De acuerdo al docente, las técnicas harán que se consiga más oro sin contaminar el ambiente. De igual manera, algunos resultados ya han sido visibles tan solo con las socializaciones, donde se ha logrado reducir el uso del mercurio, aunque la cifra sigue siendo alta.

⁹³ CASA EDITORIAL EL TIEMPO. Estrategias Que Valen Oro Para Reemplazar El Mercurio En La Minería. [Sitio web]. Medellín. CO. Sec. Nacional. 21 de noviembre de 2016. [Consultado el 13, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/estrategias-para-reemplazar-el-mercurio-en-la-mineria-47134>

⁹⁴ CASA EDITORIAL EL TIEMPO. Estrategias Que Valen Oro Para Reemplazar El Mercurio En La Minería. [Sitio web]. Medellín. CO. Sec. Nacional. 21 de noviembre de 2016. [Consultado el 13, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/estrategias-para-reemplazar-el-mercurio-en-la-mineria-47134>

⁹⁵ CASA EDITORIAL EL TIEMPO. Estrategias Que Valen Oro Para Reemplazar El Mercurio En La Minería. [Sitio web]. Medellín. CO. Sec. Nacional. 21 de noviembre de 2016. [Consultado el 13, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/estrategias-para-reemplazar-el-mercurio-en-la-mineria-47134>

En octubre del 2016, la Gobernación de Antioquia y La Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) exhibieron una planta piloto para extraer el oro sin utilizar mercurio. Este proceso sustituye el proceso de amalgamación, pero los otros equipos son los ya utilizados en el proceso normal de extracción, como las trituradoras, los molinos y demás; explica El Tiempo⁹⁶.

Otra de las ventajas operativas expuestas en el artículo⁹⁷ es que la tecnología usada en el laboratorio es completamente colombiana, haciendo que el acople al nuevo proceso no genere mayores dificultades. Hubo una inversión de 1170 millones por parte de la UPB y 1700 millones por parte del Sistema General de Regalías.

La planta piloto se encuentra en UPB, para julio de 2018 se espera que cuente con una patente y que comience su operación en el Departamento.

11.2 FLOTACIÓN ESPUMANTE

En la publicación de El Tiempo⁹⁸, se explica que la flotación espumante consiste en separar las impurezas presentes en los minerales de oro, sin necesidad de recurrir a usar el mercurio (amalgamación). Se usan reactivos parecidos a los alcoholes y jabones que se degradan fácilmente, y se adicionan al mineral triturado (aumento del área de contacto) para empezar el proceso de separación.

En el artículo de estrategias que valen oro hecha por El Tiempo⁹⁹, indica que la separación se logra a través de dos tipos de minerales: los hidrofóbicos (inmiscibles en agua) y los hidrofílicos (miscibles en agua). Los reactivos poseen dos clases de compuestos: los orgánicos, que obligan a los minerales a ser rechazados por el agua, haciendo que floten en la parte superior y los inorgánicos que absorben los

⁹⁶ CASA EDITORIAL EL TIEMPO. Estrategias Que Valen Oro Para Reemplazar El Mercurio En La Minería. [Sitio web]. Medellín. CO. Sec. Nacional. 21 de noviembre de 2016. [Consultado el 13, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/estrategias-para-reemplazar-el-mercurio-en-la-mineria-47134>

⁹⁷ CASA EDITORIAL EL TIEMPO. Estrategias Que Valen Oro Para Reemplazar El Mercurio En La Minería. [Sitio web]. Medellín. CO. Sec. Nacional. 21 de noviembre de 2016. [Consultado el 13, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/estrategias-para-reemplazar-el-mercurio-en-la-mineria-47134>

⁹⁸ CASA EDITORIAL EL TIEMPO. Estrategias Que Valen Oro Para Reemplazar El Mercurio En La Minería. [Sitio web]. Medellín. CO. Sec. Nacional. 21 de noviembre de 2016. [Consultado el 13, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/estrategias-para-reemplazar-el-mercurio-en-la-mineria-47134>

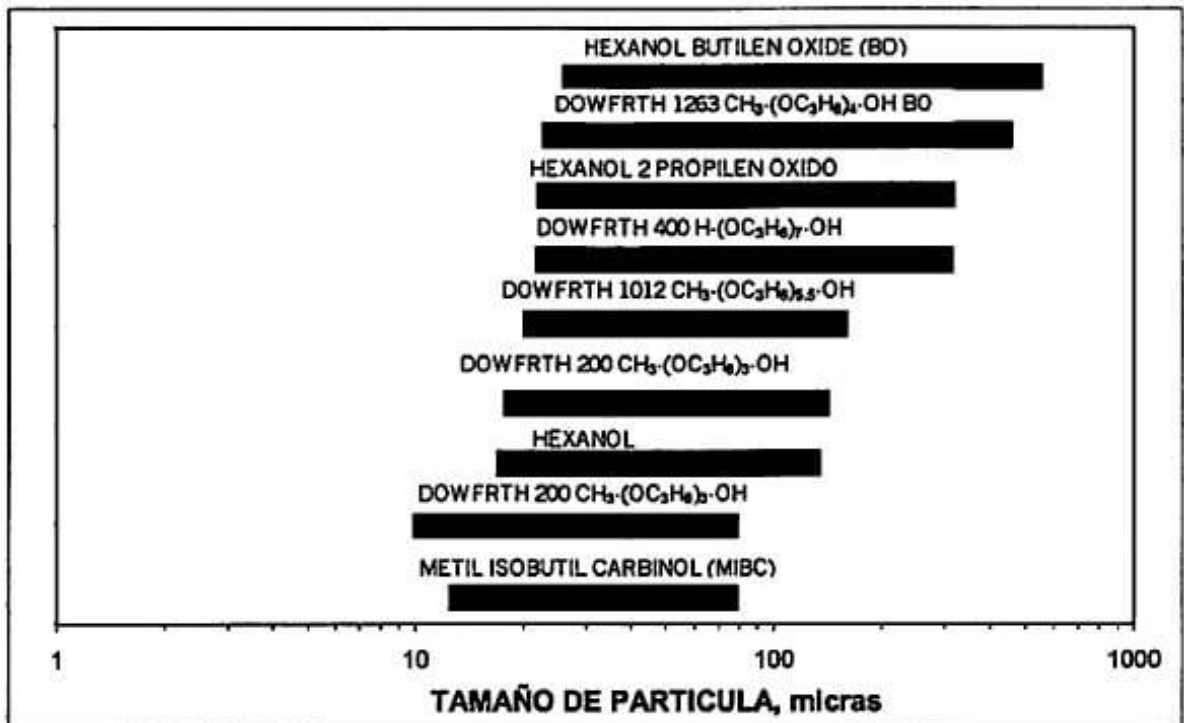
⁹⁹ CASA EDITORIAL EL TIEMPO. Estrategias Que Valen Oro Para Reemplazar El Mercurio En La Minería. [Sitio web]. Medellín. CO. Sec. Nacional. 21 de noviembre de 2016. [Consultado el 13, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/estrategias-para-reemplazar-el-mercurio-en-la-mineria-47134>

residuos; haciendo que el oro sea concentrado en burbujas de aire que salen a la superficie en forma de espuma.

En la página web de 911metallurgist¹⁰⁰, se expone que la eficiencia de los espumantes depende del pH de la pulpa, el tamaño de partícula y del diámetro de burbujas. Los espumantes se dividen en ácidos, neutros y básicos. Los ácidos corresponden a los reactivos alquil aril sulfonatos, los fenólicos, xilenol y cresol. Lo neutros son los alcoholes alifáticos, alcoholes que contienen terpineol y alcoholes que tienen sustancias con enlaces de éter; y los básicos pertenecen a las bases de piridinas pesadas que poseen una elevada propiedad de espumación en medios alcalinos.

A continuación se muestra las gráficas 8 y 9, donde se muestra el efecto de cada espumante en base al tamaño de partícula y el efecto de la concentración en el tamaño de burbuja producida en la celda de flotación:

Gráfica 8. Efecto del tipo de espumante en función del tamaño de partícula del mineral

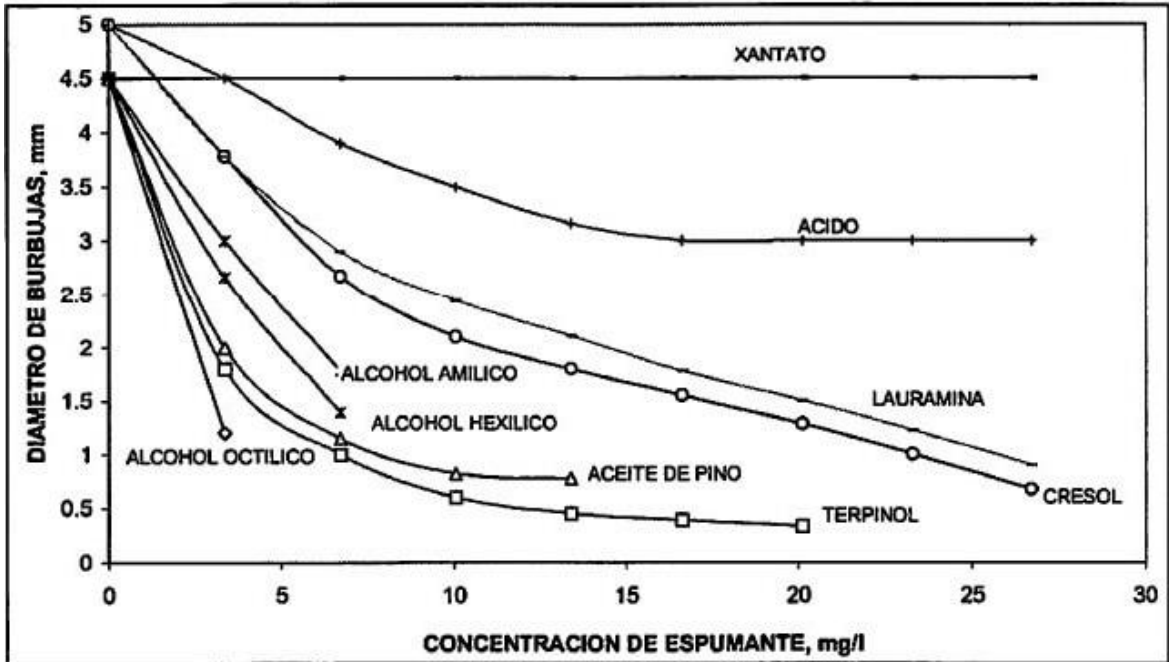


Fuente: gráfica disponible en <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/espumantes-y-quimica-de-la-flotacion/>

¹⁰⁰ 911 METALLURGIST. Espumantes y Química De La Flotación. [Sitio web]. [Consultado el 23,04,20184]. Disponible en: <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/espumantes-y-quimica-de-la-flotacion/>

Para partículas de un máximo aproximado de 600 micras se recomienda el uso del hexanol butilenóxido y para partículas de 10 micras se recomienda el uso del DOWFRTH 200.

Gráfica 9. Tamaño de partícula en base a la concentración de los espumantes



Fuente: gráfica disponible en <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/espumantes-y-quimica-de-la-flotacion/>

Por ejemplo, para que el diámetro de la burbuja sea de 1 mm, se requieren 6.5 mg/L de terpinol, 8 mg/L de aceite de pino o 25.5 mg/L de cresol.

11.3 MÁQUINA ECO-100V

En la página web se oro y finanzas¹⁰¹ se expone que los equipos Oro ECO-100V y Oro ECO-100H fueron creados por profesionales peruanos, para eliminar el mercurio y el cianuro del proceso de extracción aurífera. Actualmente la máquina funciona con gasolina, puede ser adecuada para usar gas natural o licuado de petróleo. Recuperan el 95% del oro presente en la arenilla negra.

La maquinaria del proyecto ECO-100V ha sido usada con éxito en la región amazónica de Madre de Dios. Posee un mecanismo muy eficiente que consume 0.2

¹⁰¹ ORO Y FINANZAS. DIARIO DIGITAL DEL DINERO. Innovadora Máquina Para Extraer Oro Sin Utilizar Mercurio. [Sitio web]. 26 de julio de 2010. [Consultado el 13,02,2018]. Disponible en: <https://www.oroymasfinanzas.com/2010/07/innovadora-maquina-para-extraer-oro-sin-utilizar-mercurio/>

galones por ciclo productivo, recircula el 90% del agua usada, es resistente a la oxidación (corrosión) y a la abrasión, además de usar reactivos no contaminantes.

Además de enmendar el impacto ambiental y a la salud humana causada por el uso del mercurio, el proceso será más rentable debido que se recupera el 95% del oro y no el 80% como sucede con el proceso de amalgamación; además de evitar el gasto económico del mercurio; se explica en la publicación de oro y fianzas¹⁰².

Oro y finanzas¹⁰³ dice que el valor del equipo de 100 litros de capacidad, será de 4500 dólares, con todos los accesorios incluidos; por lo que con 2 meses de trabajo, el minero recuperará su inversión.

11.4 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La producción más limpia puede ser implementada en la explotación aurífera, optimizando los procesos ya establecidos, capacitando a los trabajadores e invertir en maquinaria nueva. Según el estudio hecho por Félix Carrillo: Tecnologías limpias aplicables a la explotación de oro, no es necesario estudiar nuevas tecnologías, si no mejorar los procesos, máquinas y métodos.

En el estudio hecho por la UPME¹⁰⁴, se explica que para la producción más limpia en la etapa de explotación es necesario que se cumplan varios requisitos: los materiales estériles que hayan sido sacados, deben ser devueltos a las excavaciones después de que se haya culminado el proceso de explotación, evitando la compra de materiales de relleno; diseñar un plan óptimo de explotación para obtener la mayor eficiencia posible en la obtención del oro. Se debe cumplir la normatividad vigente en el desagüe, transporte, ventilación y condiciones de seguridad en yacimientos de filón. Debe ser necesario tener bombas en los primeros niveles de las minas subterráneas en caso de que el agua lluvia ingrese para que no pase a los niveles más profundos.

¹⁰² ORO Y FINANZAS. DIARIO DIGITAL DEL DINERO. Innovadora Máquina Para Extraer Oro Sin Utilizar Mercurio. [Sitio web]. 26 de julio de 2010. [Consultado el 13,02,2018]. Disponible en: <https://www.oroymasfinanzas.com/2010/07/innovadora-maquina-para-extraer-oro-sin-utilizar-mercurio/>

¹⁰³ ORO Y FINANZAS. DIARIO DIGITAL DEL DINERO. Innovadora Máquina Para Extraer Oro Sin Utilizar Mercurio. [Sitio web]. 26 de julio de 2010. [Consultado el 13,02,2018]. Disponible en: <https://www.oroymasfinanzas.com/2010/07/innovadora-maquina-para-extraer-oro-sin-utilizar-mercurio/>

¹⁰⁴ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Producción Más Limpia En La Minería Del Oro En Colombia. Mercurio, Cianuro y Otras Sustancias. [Sitio Web]. Bogotá D.C.: Scripto Impresores S.A., 2007, p. 17. [Consultado 09, Abril, 2018]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.upme.gov.co/docs/mineria_limpia.pdf. ISBN: 978-958-98138-7-4

11.4.1 Producción más limpia en la trituración y molienda. En el estudio de la UPME¹⁰⁵ se describe que se pueden utilizar trituradoras de mandíbulas, mazos, trituradoras de cono y en la molienda, un tambor de bolas o un molino. Los molinos previenen la pérdida de mercurio metálico durante la amalgamación. Ya no habría emisión de mercurio en ese proceso, debido a que pasar a un circuito cerrado.

11.4.2 Producción más limpia en la concentración gravimétrica. Según el estudio de la UPME¹⁰⁶, el hidroseparador es usado para separar la amalgama de piritas y arenas negras, provenientes de la amalgamación del oro. Esta tecnología separa las partículas por su peso específico. La amalgama, el mercurio y el oro son recuperados en el fondo y las arenas negras salen por la parte superior.

Las mesas concentradoras están diseñadas para separar los materiales según su tamaño de partícula; es muy eficiente para la obtención de material fino, requiere pocas cantidades de agua y energía, es simple de manejar, puede cambiar sus variables como la cantidad de agua, inclinación transversal y longitudinal; explica el estudio de la UPME¹⁰⁷.

La UPME¹⁰⁸ señala que algunas variables que puedan afectar el rendimiento de la concentración gravimétrica son el tamaño de partícula, la forma de la partícula, los minerales que acompañan al metal deseado pueden perjudicar su separación, el contenido de sólidos dispersos, entre otros.

11.4.3 Manejo de las colas contaminadas. La publicación¹⁰⁹ indica que los métodos existentes para la limpieza de las colas para la recuperación del mercurio son costosos y de poca eficiencia, por lo que se propone que estas sean almacenadas en recipientes de caolinita, arcilla o bentonita para evitar que tengan contacto con aguas lluvias, con el viento y no haya liberaciones a cuerpos de agua o la tierra. Otra solución que se propone el artículo, es cubrir las colas con capas gruesas de piritas no contaminadas debajo de la capa de un material impermeable como la arcilla.

11.4.4 Separación del mercurio de la amalgama. La UPME¹¹⁰ expone que en vez de la separación manual, se recomienda mezclar con agua caliente la amalgama y

¹⁰⁵ Ibid., p.19

¹⁰⁶ Ibid., p. 20

¹⁰⁷ Ibid., p. 21

¹⁰⁸ Ibid., p. 29

¹⁰⁹ Ibid., p. 31

¹¹⁰ Ibid., p. 31

usar prensas que ejercen una mayor presión y facilitan la separación del mercurio libre. El diseño de la prensa es sencillo y tiene un bajo costo para ser elaborada en un taller de metalmecánica.

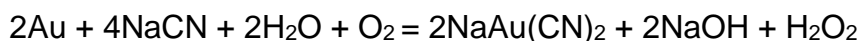
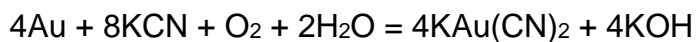
El estudio¹¹¹ también se propone el uso de la fuerza centrífuga, introduciendo la amalgama en un tubo con mallas y usando un concentrador centrifugo, obteniendo la amalgama seca, que facilitará la separación del oro con el mercurio.

11.4.5 Separación del oro de la amalgama. Según la UPME¹¹², el proceso más crítico en la minería aurífera es la quema de la amalgama, debido a las emisiones de vapores tóxicos de mercurio, por lo que se propone el uso de un sistema de retortas con calentamiento en circuito cerrado. La retorta está conformada por un crisol con tapa de cerradura hermética para evitar las emisiones unida, un condensador con cuello hacia abajo enfriado con un tanque de agua. Se obtiene aproximadamente del 95% del mercurio líquido nuevamente.

11.5 LIXIVIACIÓN EN PILAS

Consiste en apilar el mineral de oro ya triturado y molido, donde una solución de cianuro es vertida por goteo en la pila. La solución de cianuro pasa a través de la pila hasta llegar a su base, formando un lixiviado enriquecido con el mineral (PLS: Pregnant Leach Solution), que fluye hacia cañerías colectoras, donde los solventes son extraídos y el metal es recuperado por medio electro-químico.

A continuación se muestran las reacciones de la lixiviación:



Lo único que cambia es la solución de cianuro, pero el objetivo es exactamente el mismo.

Manrique¹¹³ explica que las variables que afectan el rendimiento del proceso de cianuración son el tamaño de las partículas, ya que entre más pequeña sea el tamaño, habrá mayor superficie de contacto. La concentración del cianuro, debido a que a una mayor concentración, habrá mayores metales disueltos. La tasa de

¹¹¹ Ibid., p. 31

¹¹² Ibid., p. 32

¹¹³ MANRIQUE MARTÍNEZ, José Antonio. Manejo de Pilas de Lixiviación de Oro en Minería Yanacocha S.R.L. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. p. 9

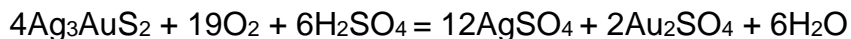
riego; a mayor velocidad, mayor dilución de los metales. pH, cantidad de oxígeno disuelto, temperatura y metales en el mineral.

11.6 BIO-OXIDACIÓN Ó BIOLIXIVIACIÓN

Guerrero¹¹⁴ explica que consiste en la oxidación de sulfuros metálicos (por medio de bacterias de la familia *Acidithiobacillus*), para convertirlos en sulfatos solubles para facilitar extracción del mineral deseado.

En el estudio de Guerrero¹¹⁵, se dice que algunas de las bacterias usadas son *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus organoparus*, *Leptospirillum ferrooxidans*, entre otras. Su uso depende del mineral del que se desee extraer la solución y también depende las condiciones de temperatura y PH.

A continuación, se presenta la reacción de biolixiviación para el oro:



El metal precioso es liberado de la matriz en que la que se encuentra. El producto final es una solución ácida que contiene el metal deseado que posteriormente es recuperado con cianuración normal, evitando el uso de la amalgamación, que es el proceso más crítico en la minería aurífera.

Este proceso tenido una gran aplicación en la industria en procesos de BIOX, de Gencor, MINBAC de Mintek y BACTECH de Bachttec; según Guerrero¹¹⁶.

¹¹⁴ GUERRERO ROJAS, José. Bio-lixiviación. [Sitio Web]. 2012. p. 1. [Consultado 09, Abril, 2018]. Archivo en pdf. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_J_Guerrero_Rojas

¹¹⁵ Ibid., p. 3

¹¹⁶ Ibid., p. 8

12. CONCLUSIONES

- Los estudios adelantados demuestran que el reemplazo del mercurio sí es posible, e incluso, que las nuevas tecnologías suponen un mejor rendimiento, mayor rentabilidad económica y una reducción notable de los impactos al medio ambiente. Sin embargo, la implementación trae grandes retos, que deben ser afrontados de manera consecuente por el Gobierno, los investigadores y las poblaciones que ejercen la minería.
- En primer lugar, es necesario fortalecer la legislación, haciendo que las leyes existentes tengan una aplicación más efectiva y formulando nuevos proyectos de ley que fomenten la inversión, producción y uso de las alternativas tecnológicas que no involucren sustancias como el mercurio. Posteriormente, es indispensable que se realicen jornadas extensivas de capacitación para que las comunidades sean conscientes de estas nuevas opciones y sus ventajas, que no solo tienen cabida en el mundo laboral, sino que también garantizarán mejoras para la salud y la calidad de vida.
- Los esfuerzos de las Instituciones que desarrollan nuevas patentes y que optimizan los procesos químicos de la minería merecen mayor visibilidad y apoyo, en razón de que, cada vez sean más las academias dedicadas a este tipo de proyectos. De esta manera se podría plantear un futuro donde la industria minera se destaque por su sostenibilidad.

13.RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se recomienda ahondar en la información del desarrollo de las nuevas tecnologías; dado que buena parte de ellas se encuentran patentadas, no existen suficientes detalles que aborden con profundidad los costos de los equipos, sus planes de implementación, entre otros.
- El enfoque actual de las políticas se inclina por la prohibición del mercurio. Las tecnologías apuntan a un reemplazo y eliminación progresiva del uso de esta sustancia en la minería. Sin embargo, es necesaria una mayor intervención del Estado, con el objetivo de que los resultados sean más exitosos y tangibles.
- La inversión, además, debe centrarse en la capacitación de los trabajadores, la creación de estrategias para las poblaciones vulnerables y los mecanismos necesarios para la implementación de nuevos modelos sostenibles, que apoyen el desarrollo de las comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

911 METALLURGIST. Espumantes y Química De La Flotación. [Sitio web]. [Consultado el 23,04,20184]. Disponible en: <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/espumantes-y-quimica-de-la-flotacion/>

ARANGO, Adriana. La Explotación De Oro En Colombia, Conflicto Armado y Efectos al Medio Ambiente. En: CASA EDITORIAL EL TIEMPO. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. sec. Nacional. 15 de Abril del 2017. [Consultado el 14, Junio, 2017]. Disponible en: <http://blogs.eltiempo.com/biogenic-colombia/2017/04/15/la-explotacion-de-oro-en-colombia-conflicto-armado-y-efectos-al-medio-ambiente/>

ARJONA, Andrea. El Boom Minero en Colombia: ¿Boom de la Minería Ilegal y la Minería Antitécnica? 2010

BLESA, Miguel y CASTRO, Gerardo. Historia Natural Y Cultural Del Mercurio. [Sitio Web]. Asociación Argentina: Para El Progreso De Las Ciencias, 2015, p. 47. [Consultado 04, Junio, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://aargentinasciencias.org/wp-content/uploads/2017/10/libro_historia_natural_cultural_mercurio.pdf. ISBN 978-987-28123-3-1

BRIGARD & URRUTIA. Nueva Clasificación De La Minería En Colombia. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. 31 de Octubre de 2016. [Consultado el 11, Agosto, 2017]. Disponible en: <http://bu.com.co/es/noticiasypublicaciones/358>

CAICEDO GONZÁLEZ, Sor Liliana. Planteamiento De Una Tecnología De Producción Más Limpia Para El Proceso De Beneficio De Oro Sin Mercurio. Trabajo de grado. Ingeniera de Producción Biotecnológica. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C. 2012. p. 6

CARACOL RADIO. A Último Debate Pasa Proyecto Que Ratifica Convenio De Minamata En Colombia. [Sitio web]. Nacional. [Consultado el 12, Febrero, 2018]. Disponible en: http://caracol.com.co/radio/2017/11/01/nacional/1509498154_649248.html

CARACOL RADIO. El Gobierno Prohíbe La Importación De Mercurio Para Minería Desde Septiembre. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. 2 de enero de 2017. [Consultado el 14, Septiembre, 2017]. Disponible en: http://caracol.com.co/radio/2017/01/02/nacional/1483378810_812235.html

CASA EDITORIAL EL TIEMPO. Estrategias Que Valen Oro Para Reemplazar El Mercurio En La Minería. [Sitio web]. Medellín. CO. Sec. Nacional. 21 de noviembre de 2016. [Consultado el 13, Febrero, 2018]. Disponible en:

<http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/estrategias-para-reemplazar-el-mercurio-en-la-mineria-47134>

CHAPARRO, Eduardo. La llamada pequeña minería: un enfoque empresarial, CEPAL, 2007

COLOMBIA. Congreso de la República. Ley 685. (15,08,2001). Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C. 2001. Cap. XVII. p. 19

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 1666. (21, Octubre, 2016). Clasificación de la minería y requisitos. Bogotá D.C. Diario Oficial. 2016. p. 1

De MANZANEDO DURAN, Luis Buezo. La Minería De Oro Artesanal En El Perú Vista Desde Un Enfoque Organizacional. [Sitio Web]. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Católica Del Perú. Lima, 2005. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/95>

DEFENSORÍA DEL PUEBLO. La Minería de Hecho en Colombia. [Sitio Web]. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia, 2010, p. 51. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F11B784C597AC0F005257A310058CA31/%24FILE/La-miner%C3%ADa-de-hecho-en-Colombia.pdf. ISBN 958-958-8571-29-4

EL COLOMBIANO. Mercurio En El Agua Habría Causado Muerte De 34 Niños En Chocó. [Sitio web]. CO. 3 de febrero del 2016. [Consultado el 12, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.elcolombiano.com/colombia/mercurio-en-el-agua-seria-causal-de-muertes-de-ninos-en-choco-HM3538595>

EL ESPECTADOR. ¿Hay Minería Ilegal o Informal? [Sitio web]. Bogotá. D.C. CO. 16 de Abril de 2015. [Consultado el 11,08,2017]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/hay-mineria-ilegal-o-informal-articulo-555490>

GUERRERO ROJAS, José. Bio-lixiviación. [Sitio Web]. 2012. p. 1. [Consultado 09, Abril, 2018]. Archivo en pdf. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_J_Guerrero_Rojas

HIRSCHMAN, Albert O. Enfoque generalizado del desarrollo por medio de enlaces, con referencia especial a los productos básico. El Trimestre Económico. 1977

HURTADO CANO, Sebastián. Impactos De La Minería Ilegal En Colombia. Fundación Ideas Para La Paz. p. 1

JIMENEZ MORENO, María. Desarrollo de métodos analíticos para especificación de mercurio y su aplicación a la comarca de Almadén. [Sitio Web]. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2009, p. 13. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf. ISBN 978-84-8427-669-2

MARÍN FERIA, Jenny Paulina. Análisis De Los Aspectos Técnicos - Legales - Ambientales Del Cierre Minero Para Títulos Mineros En Colombia. [Sitio web]. Anteproyecto. Especialista en Derecho Ambiental. Universidad de Medellín. Facultad de Ingenierías. Medellín. 2015. p. 18. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/1280/An%C3%A1lisis%20de%20los%20aspectos%20t%C3%A9cnicos%20-%20legales%20-%20ambientales%20del%20cierre%20minero%20para%20t%C3%ADtulos%20mineros%20en%20Colombia.pdf?sequence=1>

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (Minminas) y UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Estudio de la Cadena del Mercurio en Colombia con Énfasis en la Actividad Minera de Oro. [Sitio Web]. Neiva. Sec. Minería. 2014. p. 28. [Consultado 15, Julio, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.upme.gov.co/SeccionMineria_sp/cadena_de_mercurio/Cadena_Mercurio_Tomo_I.pdf

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Glosario Técnico Minero, Bogotá D.C. 2015. p. 109

ONU y CONVENIO DE MINAMATA SOBRE EL MERCURIO. Convenio. [Sitio web]. [Consultado el 12, Febrero, 2018]. Disponible en: <http://www.mercuryconvention.org/Convenio/tabid/5690/language/es-CO/Default.aspx>

ORO Y FINANZAS. DIARIO DIGITAL DEL DINERO. Innovadora Máquina Para Extraer Oro Sin Utilizar Mercurio. [Sitio web]. 26 de julio de 2010. [Consultado el 13,02,2018]. Disponible en: <https://www.oroymasfinanzas.com/2010/07/innovadora-maquina-para-extraer-oro-sin-utilizar-mercurio>

POVEDA RAMOS, Gabriel. La Minería Colonial y Republicana. En: BANCO DE LA REPÚBLICA. [Sitio web]. [Consultado 05, Junio, 2017]. Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-151/la-mineria-colonial-y-republicana>

PRECIO ORO. Cotizacion Oro hoy en dólares: [Sitio web]. [Consultado el 21, Febrero, 2017] Disponible en: <https://www.preciooro.com/cotizacion-oro.html>

PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Minería ilegal en Colombia. Informe preventivo. 2010

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). El Convenio de Minamata Sobre el Mercurio y su Implementación en la Región de América Latina y el Caribe. [Sitio Web]. Uruguay: sec. Publicaciones. Webinteligente., 2014. p. 8. [Consultado 08, Junio, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en:

http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/informe_Minamata_LAC_ES_FINAL.pdf

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). El Uso Del Mercurio En La Minería Del Oro Artesanal Y En Pequeña Escala. [Sitio Web]. p. 4. [Consultado 05, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala. [Sitio Web]. Bogotá D.C. 2012. p. 28. [Consultado 10, Septiembre, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en:

http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf

REDACCIÓN JUDICIAL. El 60% De La Minería De Oro a Cielo Abierto Es Ilegal En Colombia. En: EL ESPECTADOR. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Nacional. 28 de Junio de 2016. [Consultado el 24, Julio, 2017]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/judicial/el-60-de-mineria-de-oro-cielo-abierto-ilegal-colombia-articulo-640381>

SECTOR MINERO. Minería Subterránea Y Minería A Cielo Abierto. [Sitio web]. AR. [Consultado el 13, Septiembre, 2017]. Disponible en: <https://sectorminero.wordpress.com/2014/08/17/mineria-subterranea-y-mineria-a-cielo-abierto/>

SERNAGEOMIN, SONAMI y BGR. Guía de Buenas Prácticas Para la Pequeña Minería. Manejo Del Mercurio. [Sitio Web]. Chile. 2003. p. 6-7. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/20.manejo-del-mercurio.pdf>. ISBN 956-8038-06-X

TIERRA DIGNA. La Minería en Chocó, en Clave de Derechos. Investigación y Propuestas para Convertir la Crisis Socioambiental en Paz y Justicia Territorial. [Sitio Web] Bogotá D.C.: Conarte Litografía, 2016, p. 75. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://tierradigna.org/pdfs/LA%20MINERIA%20EN%20CHOCO_web.pdf. ISBN: 978-958-59202-3-1

UN PERIODICO DIGITAL. Tecnología Limpia Saca a Flote Oro y Platino Del Chocó. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Nacional. [Consultado el 05, Junio ,2017]. Disponible en: <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/tecnologia-limpia-saca-a-flote-oro-y-platino-del-choco.html>.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (PNUMA). El Uso del Mercurio en la Minería del Oro Artesanal y en Pequeña Escala. [Sitio Web]. p. 4. [Consultado 11, Agosto, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Boletín Estadístico de Minas y Energía 2012-2016. [Sitio Web]. (Oct., 2016); p. 88. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/Boletin_Estadistico_2012_2016.pdf. ISSN: 2346-4992

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Marco Legal Minero. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. [Consultado el 09, Abril, 2018]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/marco/marco.htm

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Producción Más Limpia En La Minería Del Oro En Colombia. Mercurio, Cianuro y Otras Sustancias. [Sitio Web]. Bogotá D.C.: Scripto Impresores S.A., 2007, p. 17. [Consultado 09, Abril, 2018]. Archivo en pdf. Disponible en: http://www.upme.gov.co/docs/mineria_limpia.pdf. ISBN: 978-958-98138-7-4



URRUTIA, Miguel. Los Eslabonamientos y la Historia Económica de Colombia. Desarrollo y sociedad. 2008. p.62

ANEXOS

Anexo A.
Hoja de seguridad del mercurio
Fichas Internacionales de Seguridad Química

MERCURIO

ICSC: 0056

 <p style="text-align: center;"> MERCURIO Azogue Hidrargirio Hg Masa atómica: 200.6 </p>			
Nº CAS 7439-97-6 Nº RTECS OV4550000 Nº ICSC 0056 Nº NU 2809 Nº CE 080-001-00-0			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	NO poner en contacto con sustancias inflamables.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION	Riesgo de incendio y explosión en contacto con sustancias incompatibles(véanse Peligros químicos).		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICION DE MUJERES (EMBARAZADAS)! ¡EVITAR LA EXPOSICION DE ADOLESCENTES Y NIÑOS!	-CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
« INHALACION	Dolor abdominal, tos, diarrea, jadeo, vómitos.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
« PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE!	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón y proporcionar asistencia médica.
« OJOS		Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
« INGESTION		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos no metálicos. NO verterlo al alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).		Medidas para contener el efluente de extinción de incendios. Separado de azidas, acetileno, amoníaco, alimentos y piensos. Mantener bien cerrado. Ventilación a ras del suelo.	Hermético. Material especial. No transportar con alimentos y piensos. símbolo T símbolo N R: 23-33-50/53 S: (1/2)-7-45-60-61 Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: III IMO: Contaminante marino. CE:
			
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0056		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	

Continuación Anexo A

Fichas Internacionales de Seguridad Química

MERCURIO

ICSC: 0056

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido argénteo, pesado e inodoro.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel. ¡También como vapor!
	PELIGROS FISICOS PELIGROS QUIMICOS Por calentamiento intenso se producen humos tóxicos. Reacciona violentamente con metales alcalinos, acetileno, azidas, amoníaco, cloro, dióxido de cloro, carburo sódico y óxido de etileno. Ataca al cobre y a otros muchos metales formando amalgamas.	RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 0.025 mg/m ³ A4 (piel) (ACGIH 1998).	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La inhalación del vapor puede originar neumonitis. La sustancia puede causar efectos en el riñón y en el sistema nervioso central. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.
		EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA La sustancia puede afectar al sistema nervioso central y al riñón, dando lugar a inestabilidad emocional y psíquica, temblor mercurialis, alteraciones cognitivas y del habla. Peligro de efectos acumulativos. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 357°C Punto de fusión: -39°C Densidad relativa (agua = 1): 13.5 Solubilidad en agua: Ninguna.	Presión de vapor, Pa a 20°C: 0.26 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 6.93 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.009
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos. En la cadena alimentaria referida a los seres humanos tiene lugar bioacumulación, concretamente en los peces.	
NOTAS		
Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. A concentraciones tóxicas no hay alerta por el olor. NO llevar a casa la ropa de trabajo.		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 5-121 MERCURIO		
ICSC: 0056	© CCE, IPCS, 1994	MERCURIO
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	



© INSHT

Fuente: INSITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Mercurio. [Sitio Web]. [Consultado 04, Mayo, 2017]. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/ns pn0056.pdf>