

**LA IMPORTANCIA DEL DESARROLLO DE NUEVAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA
ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO EN LA MINERÍA NACIONAL**



Natalia Agudelo Ruiz

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales

Director:

Edna Liney Montañez Hurtado

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES
BOGOTÁ, 30 DE JUNIO DE 2018

LA IMPORTANCIA DEL DESARROLLO DE NUEVAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO EN LA MINERÍA NACIONAL

THE IMPORTANCE OF THE DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGICAL ALTERNATIVES FOR THE ELIMINATION OF THE USE OF MERCURY IN NATIONAL MINING

Natalia Agudelo Ruiz

Ingeniera de Minas y Metalurgia

Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales

Universidad Militar Nueva Granada

Bogotá, D.C., Colombia

U2700847@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El mercurio es utilizado a nivel industrial y minero, siendo este último el que mayor impacto genera, por su inadecuada utilización. Si bien la época de la revolución industrial trajo nuevas aplicaciones para este metal y sus compuestos, también generó una mayor contaminación ambiental y riesgo laboral. En los últimos años la industria así como la minería a pequeña escala y de subsistencia ha buscado sustituirlo de sus procesos para evitar el daño que puede causar a nivel ambiental como a las personas que lo utilizan; sin embargo, en esta última se ha dificultado dado la gran proliferación y poca educación y sensibilización del uso de este, además del subdesarrollo en las técnicas mineras.

Es por esto, que en Ginebra - Suiza se celebró un convenio para erradicar el uso del mercurio y evitar su liberación a la atmósfera, al suelo, al agua producidos por la industria y la minería, principales actividades que lo utilizan. Colombia aprueba el convenio de Minamata hasta el año 2018 con la Ley 1892, pero comienza a realizar control sobre el uso del mercurio con la Ley 1658 de 2013, este artículo realiza un revisión bibliográfica de las políticas adelantadas para el cumplimiento de la Ley antes mencionada, además de identificar algunas herramientas tecnológicas que pueden ayudar a la eliminación del uso del mercurio, y el análisis social y ambiental alrededor de este obteniendo resultados como las limitaciones que tienen las personas que ejercen la minería de subsistencia respecto a las herramientas tecnológicas para realizar dicha actividad.

Palabras claves: Convenio de Minamata, minería de subsistencia, pequeña minería, mercurio, impacto ambiental

ABSTRACT

Mercury is used at industrial and mining levels, the latter being the one that generates the greatest impact due to its inadequate use. Although the time of the industrial revolution brought new applications for this metal and its compounds, it also generated a high environmental pollution and occupational risk. In recent years the industry as well as small-scale and subsistence mining has sought to replace it with its processes to avoid the damage it can cause to the environment as to the people who use it; however, in the latter it has been difficult given the great proliferation and little education and awareness of the use of this, in addition to underdevelopment in mining techniques.

That is why, in Geneva - Switzerland, an agreement was signed to eradicate the use of mercury and prevent its release into the atmosphere, soil, water produced by industry and mining, the main activities that use it. Colombia approves the Minamata agreement until 2018 with Law 1892, but begins to control the use of mercury with Law 1658 of 2013, this article makes a literature review of the policies for compliance with the aforementioned Law, in addition to identifying some technological tools that can help eliminate the use of mercury, and the social and environmental analysis around it, obtaining results such as the limitations that the people who exercise subsistence mining have with respect to the technological tools to perform this activity.

Keywords: Minamata Convention, subsistence mining, small-scale mining, mercury, environmental impact

INTRODUCCIÓN

El mercurio es un metal pesado de color blanco plateado y líquido a temperatura ambiente. Este metal como sus compuestos son altamente tóxicos para las personas, genera bio-acumulación y bio-masificación en las plantas y animales.[1]

Las fuentes naturales del mercurio son la actividad volcánica y la erosión de los minerales o rocas que lo contienen, siendo el cinabrio el mineral principal, por otro lado las fuentes

antropogénicas del mercurio son las emisiones a la atmosfera por la combustión de combustibles fósiles, la industria química, la quema de desechos peligrosos con contenidos de mercurio y la minería de oro a pequeña escala. [2]

El mercurio tiene la facilidad de formar compuestos tanto inorgánicos como la sal Cloruro de Mercurio HgCl y orgánicos como el metilmercurio, el cual es el más perjudicial para la salud humana (Galvao y Corey, 1987). Cuenta con dos ciclos, uno en donde

este metal puede ser transportado desde la corteza terrestre hasta el océano; el otro ciclo es considerado el más tóxico debido a que una vez el mercurio tiene contacto con la biomasa se genera en proceso de metilación que conlleva a la acumulación o masificación. [2]

La toxicidad del mercurio es conocida desde los tiempos de la esclavitud (370 a.c) cuando los esclavos que trabajaban en las minas presentaban signos y síntomas de intoxicación, posterior a la inhalación de vapores. Igualmente, entre 1953 y 1960 se reportó en Minamata Japón, la contaminación y altos niveles de mercurio en el mar por la descarga de aguas residuales de una planta de tratamiento de cloruro de vinilo y acetaldehído, y como consecuencia, la acumulación de mercurio en los peces que fueron ingeridos por la población provocando intoxicación y muerte de personas [3]

Este no fue el único acontecimiento en el que se presentaron intoxicaciones, otro ejemplo es en Niigata Japón e Iraq los cuales también presentaron muertes de personas por la infesta de alimentos. Todos estos acontecimientos llaman la atención de la Organización Mundial de la Salud (OMS) la cual publica el primer libro dedicado exclusivamente al mercurio en el año 1997 [3]

El mercurio es utilizado a nivel industrial y minero, siendo este último el que mayor impacto genera, por su inadecuada utilización. Si bien la época de la revolución industrial trajo nuevas aplicaciones para este metal y

sus compuestos también generó una mayor contaminación ambiental y riesgo laboral [3].

La industria así como la minería a pequeña escala y de subsistencia ha buscado sustituirlo de sus procesos para evitar el daño que puede causar; sin embargo, en esta última se ha dificultado dado la gran proliferación y poca educación y sensibilización del uso de este, además del subdesarrollo en las técnicas mineras.

Es por esto y debido a los accidentes ocurridos en Minamata, Niigata e Iraq que el mundo prende las alarmas y decide reunirse para debatir sobre la importancia de erradicar el uso del mercurio en el mundo, y de esa manera proteger la salud humana y el medio ambiente. Por esta razón, en Ginebra-Suiza se celebró un convenio para desestimular el uso y evitar su liberación a la atmósfera, al suelo, al agua producidos por la industria y la minería, principales actividades que lo utilizan. [4]

Otro aspecto importante que se logra con el Convenio es la regulación que se debe hacer en la minería, en donde se propone eliminar las minas existentes, prohibir nuevas explotaciones y regular el uso del mercurio en la minería artesanal y a pequeña escala, también se acuerda la eliminación en los procesos industriales y de los productos que lo utilizan, además del almacenamiento y disposición final [4]

Colombia es uno de los países que suscribe el convenio y con este debe implementar nuevas alternativas

tecnológicas para la eliminación de su uso en el territorio nacional, enfocado principalmente en la pequeña minería y la minería artesanal, de ahí la importancia en identificar las nuevas alternativas utilizadas en la minería que reemplacen el uso del mercurio, así como sus ventajas y desventajas al ser implementadas; identificar las políticas para la eliminación del uso de mercurio a nivel nacional y realizar un análisis sobre la problemática social y ambiental alrededor de la utilización del mismo

METODOLOGÍA Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

La metodología a utilizar es la revisión de artículos y leyes expedidas a nivel nacional, la revisión bibliográfica de alternativas tecnológicas para la extracción de oro en pequeña minería y en minería de subsistencia que no utilizan mercurio, así como las políticas implementadas a nivel minero, social y ambiental.

Colombia fue uno de los 128 países participe del convenio de Minamata y una de las primeras acciones que toma el país respecto al control y uso del mercurio es en el año 2013 donde se expide la Ley 1658 “por medio de la cual se establecen las disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, y se fijan

requisitos e incentivan para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones”, [5] y lo ratifica con la Ley 1892 del 11 de mayo de 2018 “por la cual se aprueba el convenio de Minamata sobre mercurio”.

Para mejorar los procesos y apoyar la pequeña minería y la minería de subsistencia el Plan Nacional de desarrollo tiene contemplado la clasificación de la minería de acuerdo a escalas las cuales se definen en el Decreto 1666 de 21 de octubre de 2016, “por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía 1073 de 2015, relacionado con la clasificación minera” [6] cataloga la minería en subsistencia, pequeña, mediana y gran escala, para las diferentes etapas que esta tiene y define los parámetros para el desarrollo de la minería de subsistencia [5]

La minería a pequeña escala se define en el Decreto 1666 de 2016 en el artículo 2.2.5.1.5.4 en la etapa de exploración o construcción y montaje, con base en el número de hectáreas otorgadas en el respectivo título el cual debe ser menor o igual a 150 hectáreas y en el artículo 2.2.5.1.5.5. [6] En la etapa de explotación como se muestra en el siguiente cuadro:

Pequeña Minería		
Mineral	Subterránea	Cielo abierto
Carbón (ton/año)	Máx. 60.000	Máx. 45.000
Materiales de construcción (m3/año)	N/A	Máx. 30.000
Metálicos (ton/año)	Máx. 25.000	Máx. 50.000

No metálicos (ton/año)	Máx. 20.000	Máx. 50.000
Metales preciosas (oro, platino, plata) (ton/año) o (m3/año)	Máx. 15.000 (ton/año)	Máx. 250.000 (m3/año)
Piedras preciosas y semipreciosas (ton/año)	Máx. 20.000	N/A

Tomada del Decreto 1666 de 2016

De igual manera el Decreto 1666 de 2016, define la minería de subsistencia en el artículo 2.2.5.1.5.3 como “la actividad minera desarrollada por personas naturales o grupos de personas que se dedican a la extracción y recolección, a cielos abierto, de arenas y gravas de río destinadas a la industria de la construcción, arcillas, metales preciosos, piedras preciosas y semipreciosas, por medios y herramientas manuales, son la utilización de ningún tipo de equipo mecanizado o maquinaria para su arranque”, por lo tanto, y de acuerdo a las definiciones, se deben de proponer herramientas para minería de subsistencia las cuales sean de uso manual y de fácil utilización y para pequeña minería, procesos que puedan ser más eficientes sin necesidad del uso del mercurio [6].

La minería a pequeña escala y la minería de subsistencia ha sido por tradición la que utiliza mercurio en los procesos de beneficio de oro, esto debido a su bajo costo en el mercado [7], aunque esto ha venido cambiando desde la firma del convenio de Minamata, y los controles dentro de los cuales se encuentra el Registro Único Nacional de importadores y comercializadores ante el ministerio de Comercio, Industria y Turismo, los importadores deben de tener

aprobación previa para poder importar el producto al país, además se establece el Decreto 2133 del 22 de diciembre de 2016, a través del cual se ponen reglas a la importación de mercurio, y el cual da cumplimiento a la Ley 1658 de 2013.[8] Los cuales ha implementado el gobierno nacional respecto a la importación y distribución del mercurio en el país.

Pequeña Minería: se pueden utilizar alternativas tecnológicas para la eliminación de mercurio en el proceso de beneficio como:

- **Fundición con Bórax:** es un método económico y fácil, la fusión directa con bórax es de baja toxicidad y amigable con el medio ambiente, solo es necesario recoger el concentrado mineralizado, luego de ser triturado y molido, se vierte en un crisol, se añade bórax en igual cantidad que el concentrado, se calienta con un soplete hasta llegar a la fusión, se enfría y se termina el proceso de separación. Tiene como ventaja que no es tóxico, no tiene restricciones en ventas, es económico y fácil de conseguir, como desventaja que se necesita temperaturas relativamente altas para su fundición y crisoles apropiados, por lo tanto, las personas que manipulan la fundición deben tener

conocimiento básico en fundición.
[9]

- **Concentradores:** son herramientas que utilizan la fuerza centrífuga para la separación de minerales donde se aprovecha la diferencia de densidades (entre mayor su diferencia, mayor facilidad para efectuar la separación), para aislar en este caso oro o concentrado de la ganga o las colas (mineral sin interés), y formar dos corrientes los cuales suelen estar en medio fluido, estos equipos pueden ser: Knelson, centrífuga Falcon, centrífuga china, jig Kelsey, el separador Mozley, entre otros, como ventajas se tiene la facilidad para conseguirlo en el mercado y la versatilidad que tiene ya que se encuentran de muchos tipos, y como desventajas se puede encontrar el costo [10].
- **Mesas concentradoras:** son equipos vibratorios que aprovechan la diferencia de densidad de los minerales que son procesados para separar el mineral de interés de las colas o gangas (mineral sin interés), utilizando un flujo laminar y una superficie inclinada, para minería aurífera pueden ser de tipo: Wilfley, Deister y Holman. Una de las ventajas que estas mesas pueden tener es que pueden variar sus parámetros de acuerdo a las características del mineral alimentado teniendo una gran flexibilidad a la hora de su uso. [10]
- **Flotación:** proceso fisicoquímico que consiste en separar partículas

hidrófobas (repelentes o sin afinada química al agua) de partículas hidrofílicas (afines químicamente al agua), mediante la aplicación de reactivos y la inyección asistida de burbujas de aire, sirve para la recuperación de oro y metales preciosos. Para la utilización de este proceso se debe tener en cuenta la composición mineralógica de la mena para determinar cuáles son los reactivos adecuados y las configuraciones de los dispositivos de flotación a utilizar las ventajas que tiene es la alta recuperación de mineral que se puede obtener, y como desventaja el costo de los equipos y el manejo de los reactivos, los cuales deben de ser aplicado de manera precisa [11].

Minería de subsistencia: las alternativas tecnológicas que se pueden utilizar para la eliminación del mercurio en la recuperación de oro son:

- **La Batea:** es una herramienta que permite mediante movimientos circulares la separación del oro de las arenas y el agua del río, aprovechando el peso de este, es utilizado por mineros pequeños o artesanales, como ventaja se tiene la portabilidad de la herramienta y como desventaja que la persona que la utiliza debe tener experiencia para lograr recuperaciones apropiadas [12]
- **Canalones:** son herramientas de madera, o lámina (aluminio),

que miden entre 1 y 6 metros de largo y entre 40 y 60 cm de ancho, con un ángulo de inclinación de 5 y 15 grados, puede ser utilizado para minería aluvial o para mineral después de molidos (pulpas), el oro es atrapado en los tapetes, lonas o textiles, después de pasar encima de las mallas para facilitar la separación por el peso, es utilizado para oro libre de grano grueso y medio, pero no es muy efectivo para oro de grano fino. También se pueden encontrar canalones en Z los cuales pueden hacer más eficiente el proceso. [13] Tiene como ventajas: bajo costo y fácil operación y como desventajas: trabajo discontinuo o por lotes, baja recuperación de oro fino. [9]

Política minera nacional

La minería se ha desarrollado desde la época colonial en Colombia y ha permitido el sustento a muchas familias en zonas rurales y apartada, se ha realizado con herramientas manuales y a través de los años se ha venido desarrollando, aumentando su capacidad de producción con el tiempo, así como la evolución de las herramientas y equipos utilizados, y el aumento de los ingresos para las familias que la ejercen. [14]

Colombia tiene en su territorio comunidades étnicas tanto indígenas como afrocolombianas, las cuales también han ejercido la pequeña minería y la minería de subsistencia,

pero se han visto afectadas por la mecanización y la actuación de personas foráneas que han llegado a su territorio a realizar explotaciones mineras de manera agresiva, lo que ha implicado la degradación de los suelos y los impactos ambientales que estos traen consigo, además de esto, ha traído a estos lugares descomposición social como prostitución, alcoholismo, entre otros. [14]

Este tipo de minería no es necesariamente legal, sin embargo, si es tradicional, pero su mecanización y la utilización de sustancias químicas como el mercurio, ha traído consigo mayores impactos ambientales, deforestación y contaminación a fuentes hídricas, además de problemas sociales asociados a dichas exploraciones, convirtiendo a esta minería en algo incontrolable para las entidades públicas de todo el país. [14]

Algunas zonas del país ya han sido abandonadas después de realizar exploraciones mineras sin un cierre y recuperación del terreno adecuado principalmente de minería realizada ilegalmente, generando pasivos ambientales, los cuales no han sido cuantificados, afectando el suelo el cual puede ser utilizado para procesos productivos a largo plazo, impactando las comunidades que existen alrededor de estos lugares disminuyendo su capacidad productiva por la no utilización del suelo. [15].

Es por esta razón, que la política minera debe ser enfocada en el

ordenamiento territorial, el cual este en armonía con la planificación ambiental y el desarrollo rural, que tenga en cuenta la población campesina y las comunidades étnicas así como sus necesidades económicas y el manejo del suelo, donde la agricultura no riña con la minería y que esta última sea de manera responsable y minimice los impactos que produzca en cada una de sus etapas de desarrollo, que respete la pequeña minería y la minería de subsistencia y conviva con ella. [16]

La política que se ha implementado a nivel nacional en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, es el plan único Nacional de Mercurio, encaminado a la eliminación gradual y definitiva del mercurio, tanto en la industria como en la minería, con el apoyo de otros ministerios como Minas y Energía, Comercio, Industria y turismo, Relaciones Exteriores, Salud y Protección Social, Trabajo, Agricultura y Desarrollo Rural, además de dos instituciones mineras, la Unidad de Planeación Minero Energética - Upme y Agencia Nacional de Minería - ANM [17].

El Ministerio de Minas y Energía plantea el Plan Estratégico Sectorial para la Eliminación del Uso del Mercurio, con plazo de ejecución a 2018, y en el que se proponen treinta (30) actividades que están encaminadas a que el sector minero genere las herramientas para la industria, implemente alternativas de beneficio, apoye la transferencia

tecnológicas, incentive la investigación y aporte resultados buscando mayor eficiencia y productividad para la recuperación de oro sin el uso de mercurio. [17]

Para lograr articular el plan estratégico se han propuestos cuatro ejes temáticos los cuales son: Fortalecimiento Institucional: el cual consiste en optimizar la gestión de las entidades adscritas en el la articulación interinstitucional, la generación de procesos regulatorios y el reconocimiento de la información base; Gestión del Conocimiento – Investigación Aplicada: con el cual se busca fortalecer el conocimiento para promover diferentes técnicas de investigación encaminadas a la eliminación del uso del mercurio en la pequeña minería y en la minería de subsistencia; Gestión para el Cambio: está encaminada al apalancamiento de acciones para producir el cambio después de ser identificadas las problemáticas y por último se encuentra la Educación y Comunicación: que consiste en expresar en un lenguaje comprensible la retroalimentación teórico práctica sobre los aportes y avances del sector productivo minero relacionados con los riesgos asociados al mercurio. [17].

Dentro de las actividades propuestas en el plan estratégico sectorial están: reconocer las unidades de beneficio, donde se encuentran e intervención para beneficio sin uso de mercurio, implementación de un sistema de identificación de mineros de subsistencia (Barequeros y

Chatarreros), capacitación y acompañamiento a las autoridades locales, técnicas y herramientas que le permitan a los mineros de subsistencia y a pequeños mineros la sustitución del mercurio en la actividad de beneficio, identificación de mercurio de origen geológico, alternativas de disposición final, capacitación en nuevas herramientas y en temas mineros, ambientales, sociales, jurídicos y económicos para mineros de subsistencia, conceptos técnicos dirigidos al sector bancario para el otorgamiento de créditos e implementar canales de comunicación para la divulgación de información del uso de mercurio [17].

Esta política está en desarrollo e implantación, donde los resultados aún no están consolidados y no es evidente la eficacia de la implantación de las actividades, se espera que las capacitaciones a la comunidad barequera y chatarrera disminuyan el consumo y uso de mercurio debido a que la Ley 1658 de 2013, tiene establecido que para el mes de julio de 2018, se erradique su uso en el sector minero en todo el territorio nacional [5]. De la misma manera, se espera que las unidades de beneficio realicen la reconversión tecnológica para la no utilización de este químico y cumplan con los requisitos de ley para la realización de la actividad, además la importación de mercurio queda prohibida en el país.

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Colombia aprueba el convenio de Minamata hasta el año 2018 con la Ley 1892, pero comienza a realizar control sobre el uso del mercurio con la Ley 1658 de 2013, adelantándose a la regulación mundial que trae dicho convenio.

Las alternativas tecnológicas planteadas como la fundición con Bórax, los concentradores, las mesas concentradoras, la flotación y otras posibles que puedan existir en el mercado que no sean nombrada en el presente artículo, pueden ser aplicadas en la minería a pequeña escala, por lo que la única restricción con la que cuenta es con los topes de producción que tiene para seguir considerándose pequeña minería, también es importante recordar que se debe cumplir con los requisitos exigidos por la ley para realizar exploración como el Programa de Trabajos y Obras – PTO y Licencia ambiental.

La combinación de técnicas en la pequeña minería, permitirían mayor recuperación de oro, siempre y cuando se tenga una caracterización del mineral y se haga una selección técnica del método más apropiado para el beneficio de este.

En la minería de subsistencia el canalón y la batea son utilizados por tradición y cumplen con los requisitos legales exigidos por la Ley para la realización de dicha actividad, sin embargo, en el mercado se pueden

encontrar otros equipos para la de la recuperación de oro, pero el uso de estos se ve restringida debido a que la ley colombiana es muy restrictiva con las herramientas a ser utilizadas, es importante resaltar que si en algún momento hay alguna modificación a la ley o una flexibilidad para el uso de otras herramientas, estas pueden ser objeto de evaluación y aplicación a la actividad de minera de subsistencia

La facilidad que brinda el mercurio para la recuperación de oro, puede ser un obstáculo para la eliminación de su uso; esto sumado a la poca educación que tienen las comunidades que realizan minería de subsistencia los hace vulnerables a la utilización de estas sustancias químicas y al rechazo de nuevas opciones para la recuperación del metal.

La política de la eliminación del mercurio a nivel nacional previene a largo plazo inconvenientes de salud pública en comunidades que realizan actividades mineras y minimiza los impactos que este genera a nivel ambiental por el uso de dicha sustancia química, por eso es importante la coordinación de las entidades territoriales y el gobierno nacional en el acompañamiento de los mineros de subsistencia y en la minería a pequeña escala.

CONCLUSIONES

En el mundo y a nivel nacional se tiene conocimiento de técnicas para la recuperación de oro sin el uso del mercurio, dentro de estas se encuentran: el canalón, la batea,

utilizada en la minería de subsistencia y las mesas concentradoras (vibratorias), la flotación, los concentradores y la función con bórax, equipos utilizados para la minería a pequeña escala.

Las restricciones que tiene la ley colombiana frente a la minería de subsistencia limita el uso de otras herramientas que se encuentran disponibles a nivel mundial, debido a que no cumplen con los requisitos establecidos en la Ley vigente, caso contrario con la minería a pequeña escala, la cual solo debe cumplir con el Programa de Trabajo y Obras – PTO, Licencia ambiental y no sobrepasar la producción máxima estipulada, lo que le permite la utilización de todo tipo de equipos, facilitando la mecanización de la actividad y como beneficio mayor recuperación del metal.

Las políticas sobre la eliminación del mercurio en el país aún están en ejecución, por lo tanto, no se puede saber si fueron o no efectivas, se puede esperar que con las capacitaciones, los mineros de subsistencia tengan mayores herramientas para sustituir el uso del mercurio, y que la pequeña minería al ser apoyada por las instituciones gubernamentales puedan mejorar sus procesos y realizar beneficio sin uso de mercurio.

La pequeña minería y la minería de subsistencia ha sido el medio de sustento de muchas familias en las áreas rurales de Colombia, esa última se considera que no genera impactos ambientales por su realización de

manera manual, sin embargo la utilización del mercurio ha producido impactos ambientales en el territorio donde se realiza.

La minería ilegal ha traído inconvenientes a las comunidades mineras donde se realiza pequeña minería y minería de subsistencia tales como el uso de mercurio y sus impactos ambientales e impactos sociales como la proliferación de la prostitución y el alcoholismo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. López-Tejedor M. J. Sierra J. Rodríguez R. Millán. “Estudio de la Absorción y Distribución del Mercurio en Nerium Oleander L. en la Ribera del Río Valdeazogues”. Madrid, España, 2010 [En línea]. Disponible en: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/122/41122006.pdf.
- [2] X. G. MARTÍNEZ, “El mercurio como contaminante global. Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente”. Barcelona, España, 2004 [En línea]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3174/xgm1de1.pdf>
- [3] R.J. MARTÍNEZ PÉREZ “FRACCIONAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON MERCURIO EN EL SUR DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO, MÉXICO”. Mexico D.F, 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.geociencias.unam.mx/geociencias/posgrado/tesis/maestria/martinez_perez_rodrigo.pdf.
- [4] ONU Medio Ambiente “Convenio de Minamata sobre el Mercurio”. [En línea]. Disponible en: <http://www.mercuryconvention.org/Convenio/Texto/tabid/5690/language/es-CO/Default.aspx>.
- [5] Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. “LEY_1658_DEL_15_DE_JULIO_DE_2013.pdf”. Bogotá, Colombia, 2013. [En línea]. Disponible en http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/LEY_1658_DEL_15_DE_JULIO_DE_2013.pdf.
- [6] Ministerio de Minas y Energía, “Decreto 1666 de 2016”. Bogotá, Colombia, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.minminas.gov.co/documentos/10180/23517/37238-Decreto-1666-21Oct2016.pdf/17f4f90c-4481-47cd-a084-c7fa0319f9cf>
- [7] Programa de Naciones Unidas para el desarrollo “Gestión del Mercurio para el Desarrollo Sostenible”. Nueva York, Estados Unidos. [En línea]. Disponible en: <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/Chemicals%20and%20Waste%20Management/Mercury%20publication%20SPANISH.pdf>.
- [8] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo “Control a la importación de mercurio”. Bogotá, Colombia, 2016 [En línea]. Disponible en: https://www.mincit.gov.co/publicaciones/37706/control_a_la_importacion_de_mercurio.

[9] Fundación PLAGBOL "manual-borax". La Paz, Bolivia, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.pureearth.org/wp-content/uploads/2016/06/manual-borax.pdf>

[10] A. Alvarez. "Tecnología De La Concentración Centrifuga". La Paz, Bolivia, 2006. [En línea]. Disponible en: <http://iimetmat.umsa.edu.bo/archivos/libros/CURSO%20TECNOLOGIA%20CENTRIFUGA.pdf>

[11] D. M. Naranjo GOMEZ, "FLOTACION DIRECTA DE ORO NATIVO GRUESO, COMO SUBSTITUTO DE LA AMALGAMACION TRADICIONAL", Medellín, Colombia, 2012. [En línea]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/7226/1/43469333.2012.pdf>

[12] M. Casallas, J. A. Martínez "Panorama de la minería del oro en Colombia". Bogotá, Colombia, 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.co/search?q=Panorama+de+la+miner%C3%ADa+del+oro+en+Colombia.&rlz=1C1CHZL_esCO746CO746&oq=panorama+de+la+miner%C3%ADa+del+oro+en+Colombia.&aqs=chrome.69i59j0.3438j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8.

[13] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA, Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible "Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala". Bogotá, Colombia, 2012. [En línea]. Disponible en:

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

[14] Defensoría del Pueblo. "La minería de hecho en Colombia". Bogotá, Colombia, 2010. [En línea]. Disponible en: http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F11B784C597AC0F005257A310058CA31/%24FILE/La-miner%C3%ADa-de-hecho-en-Colombia.pdf.

[15] Defensoría del Pueblo. "La Minería sin Control Un enfoque desde la vulneración de los Derechos Humanos". Bogotá, Colombia, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.defensoria.gov.co/public/pdf/InformedeMinerla2016.pdf>

[16] Centro de Investigación y Educación Popular "Minería, Conflictos Sociales y Violación a los Derechos Humanos en Colombia", Bogotá, Colombia, 2012. [En línea]. Disponible en: https://www.alainet.org/images/IE_CI_NEP_octubre_2012.pdf

[17] Ministerio de Minas y Energía, Plan Estratégico Sectorial para la Eliminación del uso del Mercurio, Bogotá, Colombia, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.minminas.gov.co/documentos/10180/0/PES+Eliminaci%C3%B3n+Mercurio+%281%29.pdf/e2774fb2-e2a3-4229-8103-2183e5a71e18>