

LA EXTRACCIÓN DE MERCURIO COMO DELITO CONTRA LA GESTIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO*

MERCURY EXTRACTION AS A CRIME AGAINST ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN MEXICO

Julieta Sánchez Brenes**
María Eugenia Hernández Fuentes***
María de la Cruz Hernández Fuentes****

* Artículo de investigación postulado el 24/01/2022 y aceptado para publicación el 20/02/2023

** Investigadora en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
julieta.sanchezbrenes@viep.com.mx, <https://orcid.org/0000-0001-8521-3838>

*** Profesora en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
maria.hernandezfuentes@correo.buap.mx, <https://orcid.org/0000-0003-3545-278X>

**** Profesora en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
maria.hernandezf@correo.buap.mx, <https://orcid.org/0000-000-035116443>

RESUMEN

Entre los años mil novecientos treinta y dos y mil novecientos sesenta y ocho en Minamata, Japón, la compañía Chisso vertió unas veintisiete toneladas de compuestos de mercurio a la bahía de la región. Esto trajo como consecuencia que más de dos mil quinientas personas presentaran como cuadro clínico un desorden neurotóxico entre otras implicaciones. A esto se le llamó enfermedad de Minamata y es causada por el envenenamiento de mercurio y sus compuestos. Este suceso marcó precedentes e hizo que al pasar de los años se fueran tomando medidas por los países del mundo para tener un control del mercurio. En el año dos mil trece se firmó el primer convenio que regula el mercurio y lleva por nombre “Convenio de Minamata” debido a la tragedia ocurrida en la bahía. El convenio tiene el objeto de controlar las emisiones que se siguen generando del elemento y eliminar su uso y residuos gradualmente. México ratificó el convenio de Minamata el 29 de septiembre del 2015 y entró en vigor el 16 de agosto del 2017 para comprometerse a disminuir las emisiones y liberaciones del mercurio. Es así como dentro de sus legislaciones en materia ambiental se intenta regular el manejo de las sustancias químicas para así evitar contribuir a la contaminación del medio ambiente.

El presente trabajo de investigación jurídica dogmática aborda un análisis sobre las terribles consecuencias para el ser humano y el medio ambiente al estar expuestos al mercurio. También se analiza la legislación existente que regula las emisiones y manejo de residuos de mercurio mediante metodología analítica-comparativa. El objetivo es tomar conciencia de las desastrosas consecuencias de las emisiones de mercurio y tener en cuenta que, si bien se tiene legislación pertinente del tema a tratar, no es lo suficientemente eficaz para controlar sus efectos negativos. Cabe recalcar que, si bien se hace un análisis sobre las consecuencias a la salud humana, México no cuenta con los suficientes datos sobre la intoxicación por Mercurio en las poblaciones, por lo que delimita al presente trabajo a enfocarse en el plano normativo.

ABSTRACT

From 1932 to 1968 in Minamata, Japan, the Chisso company dumped over 27 tons of mercury compounds into the region's bay. The outcome was that more than 2,500 people presented neurotoxic disorders among many other health issues. It became The Minamata Disease. It was caused by mercury poisoning and its compounds. This event set precedents. As a response, many countries took measures to control mercury. In 2013, the first agreement to regulate mercury was signed and is called “The Minamata Agreement”. It came about due to the tragedy that occurred in the bay. The purpose of the agreement is to control emissions generated by the use of mercury and how to gradually dispose of its waste. Mexico ratified the Minamata agreement on September 29, 2015 and it became active law on August 16, 2017. It states the reduction of emissions and how these are disposed of. Mexican legislation on environmental matters tries to regulate the management of chemical substances in order to avoid contributing to environmental pollution.

This legal research paper's main objective is to analyze the terrible damage the use of mercury has in humans and the environment. It will also take a look into the existing legislation that regulates mercury emissions and waste management through an analytical-comparative methodology. In order to raise awareness of the disastrous consequences of mercury emissions. Although there is relevant legislation, it is not effective enough to control the negative effects. It should be noted that, although an analysis is made on the consequences mercury has on human health. But, since Mexico does not have sufficient data on the mercury poisoning consequences in the local population. This research will focus mainly on the normative aspects.

PALABRAS CLAVES

Mercurio, extracción, Minamata, gestión ambiental.

KEYWORDS

Mercury, mining, Minamata, environmental management.

SUMARIO

Introducción.
La toxicidad del mercurio en el humano.
La industria minera de mercurio.
Documentos previos al Convenio de Minamata.
Legislación comparada sobre la extracción de mercurio.
Tipificación en México de actividades tóxicas.
Conclusiones.
Referencias.

Introducción

México es uno de los principales proveedores de mercurio para países latinoamericanos como Perú, Argentina y Colombia, por lo que figura una fuente importante de empleos, no obstante, representa un riesgo potencial estar expuesto a dicho material por ser un elemento excesivamente contaminante y tener efectos nocivos a la salud humana y al medio ambiente. Como sabemos “*el Hg <mercurio> se ha utilizado desde la antigüedad. El primer uso de Hg en un proceso industrial a gran escala consistió en recuperar oro (Au) y plata (Ag) de minerales de baja ley mediante la amalgamación con Hg elemental*”¹, lo que refiere que el uso principal del Hg es la extracción de metales como el oro a base de amalgamas, no obstante, tiene un sin fin de utilidades, es a causa de eso que el alza de las emisiones incrementó y continúa proliferando.

En el año 2003, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente refirió que se contaba con basta evidencia de los efectos adversos que ocasiona el mercurio, por ello se creó un plan para crear un texto que regulara el uso de mercurio y sus emisiones. En el año 2013, 128 países firmaron el Convenio de Minamata el cual tiene por objetivo salvaguardar el ambiente y la salud de las liberaciones antropogénicas del mercurio y dejarlo obsoleto, debido a que se cuenta con una infinidad de alternativas para sustituir el uso del mercurio en sus diferentes utilidades.

La toxicidad del mercurio en el humano

El mercurio (Hg) es un elemento químico perteneciente al grupo de los metales que a temperatura ambiente es un líquido inodoro y al evaporarse se vuelve un gas incoloro e inodoro. Este metal y sus compuestos son conocidos por su elevada toxicidad al ambiente y a la salud de los humanos.

El mercurio tiene diversas formas, al mezclarse el mercurio elemental con otras sustancias forma compuestos de los que destacan los compuestos inorgánicos. Estos son polvos o cristales que se dan al combinarse el mercurio con otro elemento como azufre o cloro, y los compuestos orgánicos. Naturalmente “*la cantidad de compuestos orgánicos de mercurio es potencialmente*

1 LEURA Vicencio, Adriana Karina; CARRIZALES Yáñez, Leticia y RAZO Soto, Israel. Mercury pollution assessment of mining wastes and soils from former silver amalgamation area in north-central Mexico. *Revista internacional de contaminación ambiental*. [en línea]. Noviembre del 2017, vol. 33, no. 4. [fecha de consulta: 9 de septiembre del 2021].

Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992017000400655&script=sci_arttext&tlng=en
ISSN: 0188-4999.

grande (dimetilmercurio, fenilmercurio, etilmercurio, metilmercurio, entre otros), pero el compuesto orgánico de mercurio más común en el medio ambiente es el metilmercurio²². Dicho de otro modo, el metilmercurio es el compuesto de mayor incidencia y más tóxico derivado del mercurio, se estructura al combinarse con el carbón y el hidrógeno, y en esta forma química el mercurio tiene la capacidad de bioacumulación y de adentrarse a las redes tróficas de distintas maneras. Una de las principales y más perniciosas es cuando llega y actúa en el ciclo del agua, donde es metabolizado por microorganismos y absorbido por los peces afectando también a mamíferos terrestres, marinos y al ser humano.

Debemos entender que el daño generado por “el mercurio interfiere con la transcripción del ADN y la síntesis de proteínas, incluida la síntesis de proteínas en el cerebro en desarrollo, con destrucción del retículo endoplásmico y desaparición de los ribosomas”²³, es decir, genera una afectación a nivel cromosómico. Un ejemplo claro de contaminación por metilmercurio es la tragedia de Minamata, la fábrica Chisso vertió mercurio metálico sin tratar al agua, llegando a la bahía de Minamata en Japón, propiciando así un brote de envenenamiento de metilmercurio por la ingesta de pescado y mariscos contaminados dejando un incontable número de víctimas.

Las fuentes por las que el mercurio entra en contacto con el ambiente son de forma natural o derivadas por la actividad humana, cuando hablamos de “las fuentes naturales de mercurio en el medio ambiente incluyen el vapor de mercurio elemental de los volcanes y los incendios forestales y la liberación de mercurio inorgánico por la meteorización y el movimiento del agua”²⁴, lo que representa toda actividad natural de los minerales. En comparación con las liberaciones naturales, las emisiones antropogénicas son significativas debido a la cantidad de usos que se le puede dar a este metal, la mayoría de estos son o procesos industriales o la quema de combustibles con mercurio, cambiando su estado a forma gaseosa y utilizando la atmósfera como medio de transporte para ser depositado en suelos o superficies de agua, esto debido a que “la atmósfera es una vía importante para el ciclo biogeoquímico del Hg”²⁵. Es decir, la vía atmosférica es de las más dominantes para la dispersión del elemento. Sin embargo, otro de los medios para propagarse es a través del alcantarillado, utilizando las aguas residuales para llegar a mares y ríos. A los compuestos inorgánicos también se le conocen como sales de mercurio, en los que se encuentra el sulfuro de mercurio, nitrato de mercurio, el óxido de mercurio, entre otros, se originan cuando el mercurio se mezcla con otros elementos como cloro, azufre y oxígeno.

La toxicología del mercurio depende de su especie química, concentración y vulnerabilidad durante la exposición, si bien existe “la evidencia de que la exposición a dosis muy bajas de Hg

2 Bhan, Ashima y Sarkar, N.N. Mercury in the Environment: Effect on Health and Reproduction *Reviews on Environmental Health*. [en línea]. 2005 vol. 20, no. 1, [fecha de consulta: 23 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/REVEH.2005.20.1.39>
ISSN: 2191-0308

3 Bernhoft, Robin A. Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. *Journal of Environmental and Public Health*. [en línea]. Diciembre 2011, vol. 2012 [fecha de consulta: 17 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2012/460508>
ISSN: 1687-9805

4 Martinez-Finley EJ y Aschner M. Recent Advances in Mercury Research. *Current environmental health reports*. [en línea]. Junio 2014, vol. 1, no. 2 [fecha de consulta: 23 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0014-z>
ISSN: 2196-5412

5 Driscoll, Charles T, Mason, Robert P. [et al]. Mercury as a Global Pollutant: Sources, Pathways, and Effects. *Environmental Science & Technology*. [en línea]. Mayo 2013, vol. 47, no. 10 [fecha de consulta: 23 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/es305071v>
ISSN: 0013-936X

puede potencialmente conducir a consecuencias significativas para los humanos todavía está abierta a una interpretación amplia⁶, en este sentido, el cuadro clínico dependerá si se da una exposición crónica o aguda. Es una exposición crónica cuando se tratan de niveles bajos y una aguda cuando se está expuesto a niveles altos de mercurio.

Los compuestos inorgánicos u orgánicos del mercurio son absorbidos por el cuerpo humano a través del tracto gastrointestinal, el tracto respiratorio y la piel. Entre los compuestos orgánicos del mercurio, la principal vía de exposición es la oral. Aunque también puede ocurrir por las vías respiratorias o cutáneas. El metilmercurio es un neurotóxico que afecta especialmente a mujeres embarazadas, puede causar efectos nocivos debido a que este metal en la sangre puede pasar rápidamente a través de la placenta y llegar al cerebro del bebé en gestación. La exposición a este neurotóxico puede causar “una encefalopatía tóxica con una forma congénita grave resultante de la exposición prenatal. La correlación entre los síntomas clínicos y el Hg en sangre total depende tanto de la especie de Hg como de la duración de la exposición⁷”, es decir, las variables de los síntomas son los compuestos de mercurio y el tipo de exposición.

Para los compuestos inorgánicos del mercurio, la principal vía de exposición es la vía respiratoria a través de la inhalación de vapor que es rápidamente absorbido por los pulmones, aunque de igual manera puede ser abrasivo con la piel y el tracto gastrointestinal. Si el mercurio se oxida se transforma a iones de mercurio, y deja de propagarse permaneciendo en los glóbulos rojos, el sistema nervioso central y los riñones, de tal forma que “cuando los compuestos inorgánicos de mercurio se absorben en el torrente sanguíneo, la concentración más alta (alrededor del 85-90%) se encuentra en los riñones. Las sales inorgánicas de mercurio se absorben y acumulan en los túbulos proximales de los riñones⁸”, es decir, el mayor daño generado por el mercurio en su forma inorgánica es a nivel renal, sin embargo, en sus manifestaciones clínicas puede producir neumonía química, edema agudo de pulmón, bronquiolitis necrosante, insuficiencia respiratoria, insuficiencia renal, hipertensión, taquicardia e insuficiencia cardíaca. En sus efectos gastrointestinales, puede causar sabor metálico, salivación, dificultad para tragar y náuseas, cabe recalcar que el cuadro clínico por exposición al mercurio cual sea su forma siempre tendrá diferentes y múltiples efectos.

El riesgo de exponerse al mercurio o a sus componentes es alto y constante debido a que se encuentra en diversas formas y es transportado por múltiples vías.

Es un elemento que no se puede eliminar y la cantidad de cosas en las que es empleado es impresionante, tal es el caso de “las aplicaciones del mercurio en diferentes instrumentos como barómetros, termómetros, esfignómetros, interruptores, lámparas fluorescentes, electrodos, amalgamas dentales, y en algún momento en medicina, con compuestos antisépticos como el tiomersal, muestran la gran versatilidad de este

6 Andreoli Virginia y Sprovieri Francesca. Genetic Aspects of Susceptibility to Mercury Toxicity: An Overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [en línea]. Enero 2017, vol. 14, no. 1 [fecha de consulta: 21 de agosto 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/1/93/htm#B2-ijerph-14-00093>
ISSN: 1660-4601

7 Aschner, M. y Walker, S. The neuropathogenesis of mercury toxicity. *Molecular Psychiatry*. [en línea]. Agosto 2002, vol. 7 no. 2 [fecha de consulta: 22 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.mp.4001176>
ISSN: 1476-5578

8 Rafati-Rahimzadeh, M, Kazemi, S. [et al]. Current approaches of the management of mercury poisoning: need of the hour. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*. [en línea]. Julio 2014, vol. 22, no. 1 [fecha de consulta: 21 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/2008-2231-22-46>
ISSN: 2008-2231

elemento⁹), tal y como se muestra en la siguiente tabla¹⁰.

Mercurio	Fuente	Ruta de exposición	Eliminación	Toxicidad
Metálico o elemental	Amalgamas dentales Orfebrería artesanal Termómetro Esfigmomanómetro Remedios folclóricos Erupciones volcánicas	Inhalatoria	Orina Heces	SNC Renal Piel Pulmonar
Inorgánico o sales de mercurio	Timerosal Cosméticos Ampolletas Productos fotográfico Desinfectantes	Digestiva Cutánea	Orina	SNC Renal Piel Pulmonar
Orgánico o metil mercurio	Pescados Preservantes Fungicidas	Digestiva Transplacentaria Parenteral	Heces	SNC Cardiovascular

Si bien es cierto que algunos de estos usos están ya prohibidos en varios países, incluyendo México, con el objetivo de proteger a la población ocupacional expuesta al Hg como el personal odontológico, se recurre a normas mexicanas como la NOM-047-SSA1-2011¹¹, que tiene como una de sus funciones fortalecer y modernizar la protección contra riesgos sanitarios y cuenta con una guía con base en el conocimiento de los índices de exposición biológica, para así apoyar la evaluación de los riesgos para la salud del personal que utiliza estas sustancias con el fin de implementar y evaluar medidas de control diseñadas para proteger la salud y prevenir efectos nocivos en los seres humanos.

Así como también la norma NOM-241-SSA1-2021¹², el propósito de esta norma es determinar los requisitos mínimos para el proceso de diseño, desarrollo, fabricación, almacenamiento y distribución de dispositivos médicos, con base en el nivel de riesgo del dispositivo médico; para garantizar que siempre cumplan con los requisitos de calidad, seguridad y funcionamiento, para uso del consumidor final o paciente.

En el año 2015, en el estado de Querétaro, se reportó un caso de intoxicación por exposición de metales pesados, se tiene el conocimiento que cerca de la población existe una minera que extrae artesanalmente mercurio. Fue en junio del año 2015 cuando la secretaría de salud informó haber atendido a 120 personas con intoxicación por arsénico en el Llano de San Francisco, de las cuales mayormente fueron niños y adolescentes los afectados, pero no se informaron más datos al respecto. Esto nos confirma que la exposición al mercurio no es exclusiva de quienes trabajan en la industria minera.

9 Cañari-Chumpitaz, C. Descubriendo ambas caras de un mismo elemento inusual: el mercurio. *Revista De Química*. [en línea]. Noviembre 2019, vol. 33, no. 1-2 [fecha de consulta: 23 de agosto 2021]. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/21443>
ISSN: 2518-2803

10 VALDERAS, Jaime [et al]. Intoxicación familiar por mercurio elemental. Caso clínico. *Revista Chilena de Pediatría*. [en línea]. Enero - Febrero 2013, vol.84, no. 1. [fecha de consulta: 13 de octubre 2022]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcp/v84n1/art09.pdf>

11 DIARIO OFICIAL DE LA NACIÓN. Leyes y reglamentos. [fecha de consulta: 10 de octubre 2022] Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249877&fecha=06/06/2012#gsc.tab=0

12 DIARIO OFICIAL DE LA NACIÓN. Leyes y reglamentos. [fecha de consulta: 10 de octubre 2022] Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5638793&fecha=20/12/2021#gsc.tab=0

Es de suma importancia crear conciencia del daño que producen todas las liberaciones del mercurio al medio ambiente y a la salud de los humanos, es hora de empezar a generar estrategias que limiten el uso las emisiones de mercurio, creando un control y eliminando progresivamente las emisiones que ya fueron liberadas y están depositadas en los suelos y cuerpos de agua, originando un constante ciclo. Sus aplicaciones han sido de gran ayuda y aporte al mundo sin embargo las consecuencias por estar expuestos al mercurio son fatales, es momento de dejar lo obsoleto y buscar alternativas que sean sustentables.

La industria minera de mercurio

La industria minera es una de las actividades económicas más importantes a nivel global. En México, la minería tiene un alcance de 24 estados de los 32 que tiene la República Mexicana. El desenvolvimiento de esta actividad genera un gran desarrollo económico a la población de dichos estados, sin embargo, también es una de las industrias que mayor impacto ambiental genera, en especial la minería de mercurio. México es el principal exportador de mercurio para diferentes países latinoamericanos, estados como Querétaro, San Luis Potosí, Durango y Zacatecas son los principales proveedores de dicho mineral.

La minería de mercurio utiliza las menas de cinabrio, mineral del cual se obtiene mercurio elemental a través de un proceso artesanal debido a que *“el mineral se recolecta de las minas, se tritura, se tamiza y luego se calienta en un horno; el mercurio se obtiene una vez que se enfrían los vapores generados en el horno”*¹³ exponiendo a los mineros a respirar los vapores del mineral en combustión. En Latinoamérica, la minería de mercurio, después de la minería de oro artesanal, es de las fuentes de liberación de mercurio que más preocupan debido a sus técnicas rudimentarias.

Se ha intentado reducir las emisiones de mercurio para minimizar la contaminación ambiental y el daño a la salud humana por lo que, *“en agosto de 2017, se prohibió el desarrollo de nuevas minas primarias de mercurio y las minas existentes tienen 15 años para completar una eliminación total”*¹⁴, pese a lo cual tenemos la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009¹⁵, que constituye elementos y procedimientos que deben ser considerados al desarrollar y aplicar un plan de manejo de residuos mineros, diseñado para promover la prevención de la generación y el reciclaje de residuos, con esto se pretende reciclar todo el elemento que ya fue liberado y así eliminarlo gradualmente controlando su uso.

También se reprocessan las reservas de mercurio a partir de relaves con el método de lixiviación, pese a que el mercurio pasa a ser un subproducto dado que el principal objetivo de la lixiviación es la obtención de plata y oro; actualmente *“México recupera el mercurio de los residuos de las minas de plata de la época colonial española. En España, que fue uno de los principales productores de mercurio, dejó de extraerlo en su centenario mina de Almadén en 2003”*¹⁶, esto con el fin de aminorar los desechos ya existentes de mercurio.

13 CAMACHO, Andrea [et al]. Mercury Mining in Mexico: I. Community Engagement to Improve Health Outcomes from Artisanal Mining. *Annals of Global Health*. [en línea]. Enero 2016, vol. 82, no. 1. [fecha de consulta: 9 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214999616000151>
ISSN: 2214-9996

14 BRUCE Gavin, Marshall [et al]. Mercury Challenges in Mexico: Regulatory, Trade and Environmental Impacts. *Atmosphere*. [en línea]. 2021, vol. 12, no. 1 [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/1/57>
ISSN: 2073-4433

15 LEYES Y REGLAMENTOS. Normas oficiales. [fecha de consulta: 10 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4485/semarnat1/semarnat1.htm>

16 UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Mercury. [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2021].

La mayoría del mercurio obtenido se utiliza para la extracción de oro y de plata en la minería artesanal o de pequeña escala debido a la poca inversión económica que se emplea, no obstante, es la responsable de la mayor fuente de liberaciones de mercurio al ambiente. Esta actividad es ilegal en países como Colombia, Brasil, Ecuador, entre otros; sin embargo, se opera de forma clandestina.

Es importante destacar que “*la actividad minera a nivel mundial se desarrolla con diferentes dimensiones; estas son fundamentalmente tres: gran minería, mediana minería y pequeña minería o minería artesanal*”¹⁷. Es decir, la minería se maneja en tres escalas, dicha clasificación es concerniente según la región, en donde “*los factores socioeconómicos y de desarrollo tecnológico serán los parámetros mediante los cuales se podría etiquetar (separar) a la pequeña minería para diferenciarla de las empresas medianas y grandes*”¹⁸, no obstante, aun cuando la producción de la minería en pequeña escala (o minería artesanal) sea inferior en comparación a las demás clasificaciones de la minería, tiene un impacto en el mercado mundial de oro y representa la principal fuente de ingresos para muchas familias de las regiones rurales donde se extrae el oro, sin embargo, eso mismo involucra un gran riesgo para las familias que habitan ahí, debido a que son los principales expuestos a la contaminación por mercurio con sus múltiples fuentes.

El mercurio es la herramienta principal en la minería artesanal, se utiliza para separar y extraer oro de la piedra donde se encontró; el mercurio se incorpora al oro para formar una amalgama que ayuda a separarlo de las rocas u otros materiales; luego la amalgama se calienta para evaporar el mercurio y retener el oro, exponiendo así a los mineros a la inhalación del vapor de mercurio por la combustión de la amalgama. Existen prácticas y tecnologías alternativas más limpias y seguras, no obstante, los mineros artesanales a menudo ignoran las amenazas que representa el mercurio para la salud humana y el ambiente debido a que carecen de la capacidad y los incentivos para adoptar buenas prácticas mineras, vale decir que “*la minería de oro artesanal y en pequeña escala (ASGM) actualmente representa aproximadamente el 37% de las emisiones globales de Hg a la atmósfera*”¹⁹, lo que refiere que la pequeña minería de oro es una de las principales causas de contaminación ambiental por mercurio.

Las prácticas deficientes son las culpables de los incontables problemas de contaminación ambiental y de salud, por ello es importante capacitar a los mineros con las medidas de protección necesarias para evitar la exposición al mercurio y adecuar la tecnología y buenas prácticas para su extracción reduciendo así los riesgos de contaminación.

Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-mercury.pdf>

17 ESPAÑOL Cano S. Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica* [en línea]. Octubre de 2012, vol. 32, no. 3. [fecha de consulta: 9 de septiembre de 2021].

Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1437>

ISSN: 2590-7379

18 GONZÁLEZ Sánchez, Francisco y CAMPRUBI, Antoni. La pequeña minería en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. [en línea]. 2010, vol. 62, no. 1. [fecha de consulta: 11 de septiembre del 2021] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222010000100006&lng=es&nrm=iso.

ISSN 1405-3322.

19 MARTÍNEZ, Gerardo, [et al]. Mercury Contamination in Riverine Sediments and Fish Associated with Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Madre de Dios, Perú. *International journal of environmental research and public health*. [en línea]. Julio 2018, vol. 15, no. 8. [fecha de consulta: 9 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30049961>

ISSN: 1661-7827

Documentos previos al Convenio de Minamata

El mercurio es uno de los elementos más dañinos para la salud humana, así como para el ambiente. Debido a los efectos negativos que está generando el uso de mercurio y a la poca regulación que hay del tema, en el año 2001 se realizó una evaluación global del mercurio. En el año 2003 se consideró la evaluación y se resolvió que el mercurio y sus compuestos tienen un impacto adverso importante en el planeta, por lo que se necesitaban medidas internacionales eficientes para minimizar el daño generado por las emisiones de mercurio al ambiente, por lo que en 2007 se incitó a los gobiernos a crear un instrumento jurídico que pudiera regular el mercurio, por esa razón es que se creó un convenio que pretende responsabilizar a los gobiernos de tomar medidas para limitar la contaminación por mercurio.

El convenio de Minamata²⁰ es un tratado internacional, el cual tiene como fin salvaguardar la salud y el medio ambiente de liberaciones antropogénicas del mercurio y compuestos. El nombre de la convención deriva del peor incidente de intoxicación por mercurio de la historia, ocurrido en mayo de 1956 en Minamata, Japón, debido al vertido de desechos industriales de una fábrica en la bahía de la región. Se adoptó el 10 de octubre del 2013 en Kumamoto, Japón y entró en vigor el 16 de agosto del 2017.

El tratado restringe la extracción de mercurio, regula el comercio, considera reducir el uso de mercurio en productos y procesos, reducir y eliminar el uso de mercurio en la extracción de oro, controlar las emisiones de mercurio en el aire y el agua y promover la eliminación de desechos. Contiene disposiciones relacionadas con todo el ciclo de vida del mercurio, incluido el control y la reducción de diversos productos, procesos e industrias que utilizan, liberan o emiten mercurio. El tratado también plantea la extracción, la importación y exportación, el almacenamiento seguro y la eliminación del mercurio. Llevar a cabo el convenio también ayudará a identificar a las personas vulnerables, promoverá la atención médica y mejorará la capacitación de los profesionales de la salud para identificar y tratar los efectos relacionados con el mercurio.

El convenio jurídicamente vinculante para nuestro país se firmó el 10 de octubre del 2013, se ratificó el 29 de septiembre del 2015 y entró en vigor el 16 de agosto del 2017. Como resultado, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), desarrollaron, con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, el proyecto “Elaboración de la Evaluación Preliminar del Convenio de Minamata en México”, el cual aplica un enfoque ideado por las Naciones Unidas para ayudar a los países a cumplir los términos del acuerdo.

No se tiene registro que antes de que entrara en vigor el Convenio de Minamata existiera un convenio que regulara exclusivamente el uso de mercurio, no obstante, hay algunos tratados que regulan los contaminantes que resultan ser extremadamente nocivos para el ambiente, como lo es el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación²¹. Este convenio se aprobó en 1989 entró en vigor el 5 de mayo de 1992, su objetivo es resguardar la salud y el ambiente de los efectos de la producción de estos desechos, obligando a las partes a garantizar que los movimientos transfronterizos y la gestión de los desechos peligrosos se llevará a cabo de forma segura y responsable ambientalmente.

20 MINAMATA CONVENTION MERCURY. Resources. [Consulta: 16 de septiembre del 2021] Disponible en: <https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/minamata-convention-booklet-sp-full.pdf>

21 OBSERVATORIO DEL PRINCIPIO 10 EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE. Tratados. [Consulta: 16 de septiembre del 2021] Disponible en: https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/convenio_de_basilea_sp.pdf

Así como también el Convenio de Rotterdam Para la Aplicación del Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional²², el cual se aprobó el 10 de septiembre de 1998 en Rotterdam (Países Bajos) y entró en vigor el 24 de febrero del 2004. El objetivo de este Convenio es promover la responsabilidad del comercio internacional de algunos productos químicos peligrosos para salvaguardar la salud humana y del ambiente. Otro motivo del Convenio es implementar otros instrumentos internacionales abordando el comercio internacional como un componente fundamental en la gestión de productos químicos.

Otro importante convenio es el Convenio de Estocolmo, sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes²³. Fue firmado en mayo del 2001 y entró en vigor el 17 de mayo del 2004, México se convirtió en el primer país de Latinoamérica en ratificar este convenio. Su objetivo es preservar la salud y el medio ambiente de los contaminantes orgánicos persistentes (COP) y fomentar las buenas prácticas y nuevas tecnologías disponibles para reemplazar a los COP que se utilizan hasta la fecha, y prever el desarrollo de nuevos COP, este acuerdo requiere que las partes tomen medidas para eliminar o reducir la producción, uso, importación, exportación y descarga de contaminantes orgánicos persistentes al medio ambiente, e incluye disposiciones sobre adquisición de información, concientización pública y capacitación, y participación en la formulación de planes de implementación.

Legislación comparada sobre la extracción de mercurio

A partir de la entrada en vigor del convenio de Minamata, los países se vieron en la obligación de implementar leyes que regularan con mayor precisión el uso, comercio, y extracción de mercurio. Estas legislaciones, en su mayoría se han aplicado con la finalidad de tener un mayor control en cuanto a la extracción y manejo de mercurio, esto con el objetivo de proteger al medio ambiente por las liberaciones de compuestos de mercurio y otro tipo de emisiones, además de proteger la salud de toda persona que se pudiera llegar a ver afectada. Hay algunas otras leyes en las que, además, se busca aumentar el valor económico de estos residuos y algunas medidas que se adoptan en estas leyes son acciones como la reutilización, manufactura y rediseño de estos residuos.

En México, las dependencias federales encargadas del manejo y control de este mineral son la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, la Secretaría de Salud y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público por medio de la Administración General de Aduanas quien inspecciona el trayecto comercial de mercurio en las fronteras y las importaciones y exportaciones de mercurio.

Dentro de la legislación encargada existe la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos²⁴ que se encarga de proteger al medio ambiente en cuanto a materia de gestión integral, la finalidad de esta es asegurar la integridad del medio ambiente para poder generar un desarrollo sustentable a partir del buen manejo los residuos peligrosos, entre los cuales se encuentra el mercurio. Esta ley se implementó por el Congreso General de los

22 GOBIERNO DE MÉXICO. Gobierno. [fecha de consulta: 16 de septiembre del 2021] Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/30175/convenio_rotterdam.pdf

23 OBSERVATORIO DEL PRINCIPIO 10 EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Tratados. [fecha de consulta: 16 de septiembre del 2021] Disponible en: https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/stockholm_sp.pdf

24 CÁMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 19 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf

Estados Unidos Mexicanos, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el 8 de octubre del año 2003 y fue reformada en el mismo Diario Oficial de la Federación el 18 de enero del año 2021. Respecto a la extracción, en el capítulo 2, artículo 31, podemos encontrar que se detallan planes de manejo, en ellos se encuentran los residuos peligrosos para la integridad ambiental y humana.

Además de la ley antes mencionada, también existen otras leyes que se encargan de regular la extracción del mercurio, una de ellas es la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental²⁵, publicada por el DOF en Enero de 1988, con su última reforma en enero del 2021, esta ley en términos generales se encarga de la restauración del equilibrio ecológico y la protección del medio ambiente, de este modo asegurar que las personas puedan desarrollarse en un medio ambiente sano, además de establecer términos para tener un mejor control respecto a la prevención de la contaminación de aire, agua y suelo. El artículo 5 de esta ley nos dice que es facultad de la federación y su fracción XIV especifica que la regulación de las actividades relacionadas con la exploración y explotación de los minerales que puedan generar sobre el equilibrio ecológico y el ambiente. El artículo 99 nos refiere que los criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán las actividades de extracción de materias del subsuelo; la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de sustancias minerales; las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales, entre otras.

Esta ley se vincula con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para detallar algunos aspectos y sean explicados a mayor profundidad. Una de ellas es la NOM-053-SEMARNAT-1993²⁶ en la que se establece el proceso que se debe llevar a cabo en cuanto a la extracción de un residuo peligroso por su toxicidad al medio ambiente. Entre estos residuos, claramente podemos encontrar al mercurio en su clasificación “por fuente específica”, así como en su listado de “tóxicos agudos”.

En el siguiente cuadro se presentan las leyes y normas relacionadas con el uso y extracción del mercurio, así como de otras sustancias tóxicas en México.

25 CAMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 19 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MRETC_311014.pdf

26 IMMS.GOB. Datos abiertos IMSS. [fecha de consulta: 19 de septiembre del 2021]. Disponible en: <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/profesionalesSalud/investigacionSalud/cbis/nom-053-semarnat-1993.pdf>

MARCO LEGAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO

CONVENIOS



- Convenio de Basilea
- Convenio de Rotterdam
- Convenio de la Paz
- Convenio de Minamata

LEYES GENERALES



- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (LGE EPA)
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (LGPGIR)

REGLAMENTOS



Reglamentos de la LGE EPA:

- RET C
- Impacto Ambiental
- Auditorías ambientales
- Reglamento de la LGPGIR
- Reglamento de la LGE EPA en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

Normas sobre residuos peligrosos:

- NOM-052-SEMARNAT-2005
- NOM-055-SEMARNAT-2003
- NOM-056-ECOL-1993
- NOM-057-ECOL-1993
- NOM-058-ECOL-1993
- NOM-145-SEMARNAT-2003
- NOM-147-SEMARNAT/SSAI-2004
- NOM-241-SSAI-2021
- NOM-147-SEMARNAT/SSAI-2004, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por mercurio entre otros.
- NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- NOM-055-SEMARNAT-2003 que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados.
- NOM-056-SEMARNAT-1993 que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
- NOM-057-SEMARNAT-1993 que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
- NOM-058-SEMARNAT-1993, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
- NOM-145-SEMARNAT-2003, confinamiento de residuos en cavidades construidas por disolución en domos salinos geológicamente estables.
- NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- NOM-040-SEMARNAT-2002, protección ambiental-fabricación de cemento hidráulico-niveles máximos permisibles de emisión de la atmósfera.
- NOM-002-SCT2-1994 listado de las sustancias y materiales peligrosos mas usualmente transportados.
- NOM-003-SCT/2008, características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- NOM-004-SCT-2008, sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- NOM-024-SCT2-2002. Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- NOM-043-SCT-2003. Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- NOM-047-SSAI-2022, Salud ambiental-índices de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas.
- NOM-241-SSAI-2021, Buenas practicas de fabricación de dispositivos médicos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSAI-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por mercurio entre otros.
- Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007, Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata-
- Norma Mexicana NMX-AA-025-1984, Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Determinación del pH- Método potenciométrico.

PLANES PROGRAMAS NORMAS



Planes de manejo:

- NOM-161-SEMARNAT-2011
- PROY-NOM-160-SEMARNAT-2011

Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (PNPGIR)

Es importante destacar que existen autoridades internacionales como lo es el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el cual es un organismo que tiene como misión evaluar el estado de salud del medio ambiente a nivel mundial e identificar las causantes de los impactos ambientales. También actúa como un intermediario regulatorio científico, asegurando que el conocimiento se derive de la investigación básica y aplicada y se traduzca en medidas regulatorias que beneficien a la sociedad.

Entrando en un contexto internacional, ya que no solo en México existen estas leyes para controlar la extracción del mercurio, sino también existen leyes que se han implementado en otros países de Latinoamérica, tal es el caso de Colombia, en su Ley No. 1658²⁷. En el año 2013, se determinaron algunas disposiciones para el uso y comercialización de algunos productos industriales entre los que se encuentra el mercurio. En esta ley se estableció que en el año 2018 estaba completamente prohibido el uso del mercurio para actividades de minería y cualquier otra actividad que se tratara de extracción, además de que para el año 2023, toda empresa, sin excepción alguna, deberían de eliminar el uso de este mineral. Esto sin importar la actividad o giro a la que se dedique la empresa, el objetivo de implementar esta ley es claro, el cual es reducir considerablemente cualquier tipo de emisión y liberación de mercurio que pudiera afectar al medio ambiente, debido al nivel de contaminación que genera. Todo esto, además, para prevenir cualquier daño que pueda ocasionar en la salud de las personas, ya que este se usa en la extracción, muchas veces ilegal, de otros minerales. Esto trae como consecuencia que llegue a ríos, fuentes de agua, y, en consecuencia, a las personas que tienen algún tipo de contacto o consumo con el agua contaminada.

En Perú existe la Ley General del Ambiente 28611²⁸, esta ley es la que se encarga de tener un control sobre todo lo que tenga que ver en el aspecto ambiental en Perú, da a conocer algunas normas y obligaciones que se deben aplicar para garantizar un ambiente saludable para que las personas puedan desarrollar una vida sin problemas ambientales que puedan afectar su salud. En esta ley se implementan objetivos, los cuales son la aplicación de un nuevo método que sea más amigable con el medio ambiente, un método ecológico en donde no sea necesaria la utilización del mercurio para la extracción de minerales, sino que sea un método más artesanal. También determina algunas regulaciones que se tienen que cumplir, como instrumentos, ordenamientos, estándares, certificaciones, esto con el fin de proteger al medio ambiente. Esta ley en su artículo 77 promueve la producción limpia, lo que quiere decir que se compone de la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva para los procesos y productos, con la finalidad de acrecentar la eficacia, administrar apropiadamente los recursos y minimizar los riesgos sobre la población y el ambiente. Esto a través de acciones normativas, de fomento de incentivos tributarios y capacitación.

Sin embargo, no solo en América se cuenta con leyes para la protección del medio ambiente, sino también en la Unión Europea, donde se han adoptado ciertas medidas para la gestión ambiental. El marco regulatorio de la UE se basa en 20 puntos, donde el objetivo de cada uno de ellos es reducir los niveles de mercurio, así como proteger a las personas a la exposición de este mineral. A su vez, estos 20 puntos se dividen en 6 objetivos principales los

27 MINAMBIENTE. Normativa. [fecha de consulta: 20 de septiembre del 2021]. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/LEY_1658_DEL_15_DE_JULIO_DE_2013.pdf

28 Ministerio del ambiente. Normas legales. [fecha de consulta: 20 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>

cuales son: las emisiones de mercurio, tener un mayor control sobre la oferta y la demanda, un control en la cantidad de mercurio que existe, la prevención hacia la población, y generar una influencia con los demás países para que también implementen este tipo de medidas. Además de esto, existe el Reglamento N.º 1102/2008²⁹, que, en pocas palabras, se refiere a la prohibición de la exportación del mercurio, así como sus compuestos, con el fin de controlar y reducir la cantidad de mercurio a nivel global. Este fue aprobado en el año 2008. La unión europea también se encarga de regular y controlar varios ciclos por los que pasa el mercurio, tales como la forma en la que se utilizan los residuos, las emisiones que genera, y el control en cuanto a niveles en compartimentos ambientales.

Tipificación en México de actividades tóxicas

Las sustancias químicas, como lo hemos visto, suelen ser demasiado peligrosas debido a los múltiples efectos nocivos que conlleva para la salud humana y para el medio ambiente. En consecuencia, lo mejor que podemos hacer es reglamentar las actividades con sustancias tóxicas y la base de esto es la legislación existente en materia ambiental que se basa primordialmente en las medidas cautelares que se toman para capacitar y controlar las condiciones sanitarias de los hábitats, instalaciones, actividades, productos, equipos y personal, que pueden representar riesgos o daños a la salud de la población en general. La materia ambiental en general es muy compleja y cuando abordamos el tema de actividades altamente peligrosas lo es aún más por todas las vertientes que conlleva regular el tema.

En México, una de las leyes encargadas de regularlas es la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental³⁰ en su capítulo V, Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas, que detalla, a través de los seis artículos de los que consta el capítulo, que se especificarán los lugares en los que se permitan establecimientos considerados riesgosos debido a los efectos que se pueda generar al ambiente. La Secretaría junto con las opiniones de las Secretarías de Energía, de Economía, de Salud, de Gobernación y del Trabajo y Previsión Social, determinarán la clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas de conformidad con las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el ambiente. Quien realice alguna actividad altamente riesgosa, deberá contar con un seguro de riesgo ambiental, establecer una zona intermedia de salvaguarda, y, las actividades que no sean consideradas altamente riesgosas, serán reguladas por las entidades federativas.

Otra legislación es la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos³¹. Esta ley reglamentaria tiene como objeto proteger al medio ambiente. Sus disposiciones están en consonancia con los intereses sociales y están diseñadas para proteger a las personas y tener un medio ambiente sano. Promueve el desarrollo sostenible a través de la prevención y tratamiento integral de residuos peligrosos y evita la contaminación con estos residuos. Esta ley estipula que los desechos serán clasificados como desechos peligrosos en las normas oficiales mexicanas.

29 EUR-LEX. Actos jurídicos. [fecha de consulta: 21 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1102&from=EN>

30 CAMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 23 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MRETC_311014.pdf

31 CAMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 23 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf

Las normas especifican cómo determinar sus características, incluyendo listas, y límites cumplidos a la concentración de sustancias contenidas en ellos con base en el conocimiento y la evidencia científica. Es su título quinto, Manejo Integral de Residuos Peligrosos, el que regula más a precisión el tema referente a residuos peligrosos, y su capítulo tercero, de las autorizaciones todas las actividades que necesitan autorización de la secretaría para llevarse a cabo. El título séptimo, medidas de control y de seguridad, infracciones y sanciones, capítulo tercero, infracciones y sanciones administrativas, el artículo 112 nos refiere que quien viole las disposiciones que marque dicha ley puede ser sancionado administrativamente con clausura temporal o definitiva, arresto administrativo hasta por un plazo de treinta y seis horas, con la suspensión o revocación de las concesiones, licencias, permisos o autorizaciones correspondientes, la remediación de sitios contaminados, o por multa del equivalente de veinte a cincuenta mil días de salario mínimo vigente.

La Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993³² determina las características, inventario y restricciones de los desechos peligrosos. Indica qué hace que los desechos sean peligrosos por su toxicidad ambiental para identificarlos, clasificar los desechos peligrosos por líneas y procesos de producción industrial, clasificar los desechos peligrosos por fuentes no especificadas, clasificar los desechos de las materias primas consideradas peligrosas en la producción de pinturas y las características de los lixiviados, que hacen que los desechos sean peligrosos para el medio ambiente. Esta norma se encuentra conexas a otras Normas Oficiales Mexicanas de la materia de desechos peligrosos, entre algunas están: NOM-053-SEMARNAT-0993, NOM-054-SEMARNAT-0993, NOM-055-SEMARNAT-2003, NOM-056-SEMARNAT-1993, NOM-057-SEMARNAT-1993, NOM-058-SEMARNAT-1993, NOM-098-SEMARNAT-2002, NOM-133-SEMARNAT-2000.

El Código Penal Federal³³, Libro Segundo, Título Vigésimo Quinto - Delitos contra el Ambiente y la Gestión Ambiental, habla precisamente de los delitos de la materia abordada. Pero específicamente, el capítulo primero de las Actividades Tecnológicas y Peligrosas, en su artículo 414 nos cita que, a quien ilícitamente o sin manejo de prevención realice cualquier actividad con sustancias consideradas peligrosas por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, radioactivas u otras análogas que tenga como consecuencia efectos dañinos para el ambiente se le impondrá una pena de uno a nueve años de prisión y de trescientos a tres mil días de multa.

El Capítulo Cuarto, Delitos contra la Gestión Ambiental, del mismo código, en su artículo 420 Quáter, fracción primera, expone que tendrá una pena de uno a cuatro años de prisión y de trescientos a tres mil días multa quien transporte o autorice el transporte a un destino que no sea autorizado para almacenar o desechar cualquier residuo considerado como peligroso, por sus características.

Las leyes abordadas en este tema son las fuentes principales para lograr la tipificación de las innumerables actividades tóxicas que existen en el país. Aunque se creería que todo está regulado, aún falta que las legislaciones sean más completas para lograr una buena regulación sobre las actividades tóxicas que se desarrollan en el país.

32 GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO. Normatividad. [fecha de consulta: 23 de septiembre del 2021]. Disponible en: <http://siga.jalisco.gob.mx/assets/documentos/normatividad/nom052semarnat1993.htm>

33 CAMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 23 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/9_010621.pdf

Conclusiones

Durante el contenido de esta investigación podemos advertir el peligro que puede llegar a generar el mercurio, mineral que se encuentra presente en nuestras vidas, desde objetos que pueden llegar a ser de uso cotidiano hasta la utilización de este en ciertas actividades económicas como la minería. A partir de esto, y de algunos antecedentes que tuvieron un precedente importante como lo es la enfermedad de Minamata, los gobiernos de distintos países han trabajado en la implementación de algunas leyes con la finalidad de evitar el uso desmedido del mercurio, así como el manejo adecuado de este en actividades en las que aún es aplicado.

El objetivo primordial en la implementación de estas leyes lo podemos resumir en preservar el medio ambiente y salvaguardar la salud de los humanos, previniendo cualquier afectación que se pueda llegar a ocasionar al ambiente. Esto para que las personas puedan desarrollar una vida plena sin complicaciones generadas por el mercurio y sus residuos, en donde dichos residuos en épocas anteriores no eran tratados de la manera correcta, sino hasta a partir de ciertas leyes que penalizan el manejo inadecuado de estos.

Sin embargo, esto nos deja la duda de ¿nuestra legislación es suficiente para controlar los efectos negativos del Hg? La respuesta es no. Si bien es cierto que México cuenta con legislación sobre el tema, en el convenio de Minamata se establece un permiso para continuar con la extracción hasta por 15 años para quien estuviera realizando la extracción primaria de mercurio en la fecha de entrada en vigor del Convenio y después de ese plazo de tiempo los países que firmaron el convenio se comprometen a eliminar la minería primaria de mercurio, pero se teme que en estos 15 años se sobreexplota el mineral de manera invasiva para cubrir con la demanda de mercurio.

En comparación, Colombia ya tiene prohibido el uso de mercurio desde el 16 de julio del 2018 y se estima que para el año 2023 sería completamente eliminado de cualquier proceso productivo. En Bolivia es diferente, si bien existen normas respecto al tema, el comercio y uso no están completamente regulados, además de que está permitido el uso de mercurio en la minería a pequeña escala con la condición de que se manejen equipos de recuperación, no obstante, esto no es supervisado.

Con la entrada en vigor del convenio de Minamata se pensó que el problema de la extracción de mercurio estaba resuelto, pero no fue así. Esto dio paso a la oportunidad de explorar nuevas maneras de extracción que da como resultado efectos adversos para la salud humana y ambiental. Para una buena implementación del Convenio de Minamata en México, se requiere actualizar algunos instrumentos normativos ya existentes y la creación de normas adicionales.

En nuestro país, el 25 de agosto del 2022 se efectuó una reunión para el desarrollo de un proyecto de Reducción del Riesgo Ambiental Global a través del Monitoreo y Desarrollo de un sustento alternativo para el sector minero primario de mercurio en México, encabezado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Universidad Autónoma de Querétaro. Esto con el fin de dar herramientas a los mineros para no efectuar actividades de extracción primaria de mercurio para dar protección a la salud de las comunidades y del medio ambiente. Se estima que el proyecto tenga un curso de 5 años y se planea aplicar en la Sierra gorda de Querétaro, primordialmente en los municipios Pinal de Amoles, Peñamiller, Cadereyta y San Joaquín, no obstante se requiere de un gran esfuerzo de las dependencias encargadas de la protección del medio ambiente, así como del gobierno federal y las comunidades para buscar actividades económicas alternativas para estas y otras comunidades que dependan de la extracción de mercurio.

Referencias

1. Andreoli Virginia y Sprovieri Francesca. Genetic Aspects of Susceptibility to Mercury Toxicity: An Overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [en línea]. Enero 2017, vol. 14, no. 1 [fecha de consulta: 21 de agosto 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/1/93/htm#B2-ijerph-14-00093>
2. Aschner, M. y Walker, S. The neuropathogenesis of mercury toxicity. *Molecular Psychiatry*. [en línea]. Agosto 2002, vol. 7 no. 2 [fecha de consulta: 22 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.mp.4001176> ISSN: 1476-5578
3. Bernhoft, Robin A. Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. *Journal of Environmental and Public Health*. [en línea]. Diciembre 2011, vol. 2012 [fecha de consulta: 17 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2012/460508>. ISSN: 1687-9805
4. Bhan, Ashima y Sarkar, N.N. Mercury in the Environment: Effect on Health and Reproduction *Reviews on Environmental Health*. [en línea]. 2005 vol. 20, no. 1, [fecha de consulta: 23 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/REVEH.2005.20.1.39>. ISSN: 2191-0308
5. BRUCE Gavin, Marshall [et al]. Mercury Challenges in Mexico: Regulatory, Trade and Environmental Impacts. *Atmosphere*. [en línea]. 2021, vol. 12, no. 1 [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/1/57> ISSN: 2073-4433
6. CAMACHO, Andrea [et al]. Mercury Mining in Mexico: I. Community Engagement to Improve Health Outcomes from Artisanal Mining. *Annals of Global Health*. [en línea]. Enero 2016, vol. 82, no. 1. [fecha de consulta: 9 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214999616000151> ISSN: 2214-9996
7. CAMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 19 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf
8. CAMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 19 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MRETC_311014.pdf
9. CAMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 23 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MRETC_311014.pdf
10. CAMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 23 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf
11. CAMARA DE DIPUTADOS. Leyes federales y estatales. [fecha de consulta: 23 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/9_010621.pdf
12. Cañari-Chumpitaz, C. Descubriendo ambas caras de un mismo elemento inusual: el mercurio. *Revista De Química*. [en línea]. Noviembre 2019, vol. 33, no. 1-2 [fecha de consulta: 23 de agosto 2021]. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/articulo/view/21443> ISSN: 2518-2803
13. DIARIO OFICIAL DE LA NACIÓN. Leyes y reglamentos. [fecha de consulta: 10 de octubre 2022] Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249877&fecha=06/06/2012#gsc.tab=0

14. Driscoll, Charles T, Mason, Robert P. [et al]. Mercury as a Global Pollutant: Sources, Pathways, and Effects. *Environmental Science & Technology*. [en línea]. Mayo 2013, vol. 47, no. 10 [fecha de consulta: 23 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/es305071v>. ISSN: 0013-936X
15. ESPAÑOL Cano S. Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica* [en línea]. Octubre de 2012, vol. 32, no. 3. [fecha de consulta: 9 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1437>. ISSN: 2590-7379
16. EUR-LEX. Actos jurídicos. [fecha de consulta: 21 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1102&from=EN>
17. GOBIERNO DE MEXICO. Gobierno. [Consulta: 16 de septiembre del 2021] Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/30175/convenio_rotterdam.pdf
18. GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO. Normatividad. [fecha de consulta: 23 de septiembre del 2021]. Disponible en: <http://siga.jalisco.gob.mx/assets/documentos/normatividad/nom052semarnat1993.htm>
19. GONZÁLEZ Sánchez, Francisco y CAMPRUBI, Antoni. La pequeña minería en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. [en línea]. 2010, vol. 62, no. 1. [fecha de consulta: 11 de septiembre del 2021] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222010000100006&lng=es&nrm=iso. ISSN 1405-3322.
20. IMMS.GOB. Datos abiertos IMSS. [fecha de consulta: 19 de septiembre del 2021]. Disponible en: <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/profesionalesSalud/investigacionSalud/cbis/nom-053-semarnat-1993.pdf>
21. ISSN: 1660-4601
22. LEURA Vicencio, Adriana Karina; CARRIZALES Yanez, Leticia y RAZO Soto, Israel. Mercury pollution assessment of mining wastes and soils from former silver amalgamation area in north-central Mexico. *Revista internacional de contaminación ambiental*. [en línea]. Noviembre del 2017, vol. 33, no. 4. [fecha de consulta: 9 de septiembre del 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992017000400655&script=sci_arttext&tlng=en. ISSN: 0188-4999.
23. LEYES Y REGLAMENTOS. Normas oficiales. [fecha de consulta: 10 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4485/semarnat1/semarnat1.htm>
24. Martínez-Finley EJ y Aschner M. Recent Advances in Mercury Research. *Current environmental health reports*. [en línea]. Junio 2014, vol. 1, no. 2 [fecha de consulta: 23 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0014-z>. ISSN: 2196-5412
25. MARTINEZ, Gerardo, [et al]. Mercury Contamination in Riverine Sediments and Fish Associated with Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Madre de Dios, Perú. *International journal of environmental research and public health*. [en línea]. Julio 2018, vol. 15, no. 8. [fecha de consulta: 9 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30049961> ISSN: 1661-7827
26. MINAMATA CONVENTION MERCURY. Resources. [Consulta: 16 de septiembre del 2021] Disponible en: <https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/minamata-convention-booklet-sp-full.pdf>
27. MINAMBIENTE. Normativa. [fecha de consulta: 20 de septiembre del 2021]. Dis-

ponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/LEY_1658_DEL_15_DE_JULIO_DE_2013.pdf

28. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Normas legales. [fecha de consulta: 20 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>

29. OBSERVATORIO DEL PRINCIPIO 10 EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE. Tratados. [Consulta: 16 de septiembre del 2021] Disponible en: https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/convenio_de_basilea_sp.pdf

30. OBSERVATORIO DEL PRINCIPIO 10 EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE. Tratados. [Consulta: 16 de septiembre del 2021] Disponible en: https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/stockholm_sp.pdf

31. Rafati-Rahimzadeh, M, Kazemi, S. [et al]. Current approaches of the management of mercury poisoning: need of the hour. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*. [en línea]. Julio 2014, vol. 22, no. 1 [fecha de consulta: 21 de agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/2008-2231-22-46> ISSN: 2008-2231

32. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Mercury. [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2021]. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-mercury.pdf>

33. VALDERAS, Jaime [et al]. Intoxicación familiar por mercurio elemental. Caso clínico. *Revista Chilena de Pediatría*. [en línea]. Enero - Febrero 2013, vol.84, no. 1. [fecha de consulta: 13 de octubre 2022]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcp/v84n1/art09.pdf>