


Convenio de Minamata: Actividades desarrolladas en Japón y su incidencia en las emisiones de mercurio



Minamata Convention: Activities developed in Japan and their incidence in mercury emissions

Navas Jaramillo, Santiago José

 Santiago José Navas Jaramillo
sjnavas1@utpl.edu.ec
Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador

FIGEMPA: Investigación y Desarrollo
Universidad Central del Ecuador, Ecuador
ISSN: 1390-7042
ISSN-e: 2602-8484
Periodicidad: Semestral
vol. 17, núm. 1, 2024
revista.figempa@uce.edu.ec

Recepción: 18 Julio 2023
Aprobación: 26 Enero 2024

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/624/6244781004/>

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v17i1.5162>

Autor de correspondencia: sjnavas1@utpl.edu.ec



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Cómo citar: Navas-Jaramillo, S. J. (2024). Convenio de Minamata: Actividades desarrolladas en Japón y su incidencia en las emisiones de mercurio. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 17(1), 67-76. <https://doi.org/10.29166/revfig.v17i1.5162>

Resumen: La investigación presenta una recopilación de las estrategias en el manejo y gestión del mercurio (Hg) que realiza Japón como promotor y gestor del Convenio de Minamata. Este acuerdo fue establecido para reducir las emisiones antropogénicas de mercurio y prevenir su polución a nivel mundial. El artículo 14 del convenio establece la cooperación entre los gobiernos involucrados y la prestación de asistencia técnica. Es por ello que las actividades se desarrollaron en el curso de capacitación “Capacity building for ratification and implementation of Minamata Convention on Mercury”, llevado a cabo en Japón, en el cual participaron representantes de Ecuador, China, Sudán, Brasil y Armenia. Ecuador es uno de los países que ratificó en el 2013 este convenio, por lo cual es necesario comprender los esfuerzos desarrollados por otros países, desde una perspectiva práctica, para poder conocer su factibilidad y ser implementadas a largo plazo en el territorio nacional. Se describen las actividades implementadas, en Japón, como la recolección y procesamiento de residuos contaminados en la empresa Nomura Kohsan Co., Ltd. (Hokkaido), visita a centros de alta tecnología como el Instituto Nacional para la Enfermedad de Minamata (NIMD) y el Ministerio del Ambiente (MEGJ), y recorrido por el proyecto de restauración ambiental en la bahía de Minamata. Los resultados demuestran que las acciones y políticas adoptadas en Japón han reducido considerablemente las emanaciones de Hg llegando a mantenerlas en niveles estables, lo que ratifica el cumplimiento de los distintos artículos expuestos en el Convenio de Minamata. A pesar de que en Ecuador se han hecho esfuerzos para mitigar el uso de Hg, aun así, se encuentra entre los principales países contaminantes de la región. Las entidades privadas y gubernamentales deben esforzarse en planes de acción para mitigar la contaminación y llevar a cabo monitoreos periódicos de las emisiones de este metal.

Palabras clave: mercurio, convenio de minamata, japón, contaminación, reciclaje.

Abstract: *The research presents a compilation of the strategies for the handling and management of mercury (Hg) carried out by Japan as a promoter and manager of the Minamata Convention. This agreement was established to reduce anthropogenic mercury emissions and prevent pollution worldwide. Article 14 of the agreement focuses on cooperation between the governments*

involved and provides technical assistance. That is why the activities were developed in the training course “Capacity building for the ratification and implementation of the Minamata Convention on Mercury” carried out in Japan, in which representatives from Ecuador, China, Sudan, Brazil, and Armenia. Ecuador is one of the countries that ratified this agreement in 2013, which is why it is necessary to understand the efforts developed by other countries, with a practical perspective, to know their feasibility and implementation in the long term in the national territory. This study describes the activities implemented in Japan, such as processing contaminated waste in the company Nomura Kobsan Co., Ltd. (Hokkaido), to know high-tech centers such as the National Institute for Minamata Disease (NIMD) and the Ministry of the Environment (MEGJ), and a tour of the environmental restoration project in Minamata Bay. The results demonstrate that the actions and policies adopted in Japan have considerably reduced Hg emissions, maintaining them at stable levels, which ratifies compliance with the different articles outlined in the Minamata Convention. Although efforts have been made in Ecuador to combat illegal mining where Hg and assist in mining districts, it is still among the most polluting countries in the region. Private and government entities must put effort into action plans to mitigate pollution and carry out periodic monitoring of emissions of this metal.

Keywords: mercury, minamata convention, japan, contamination, recycling.

INTRODUCCIÓN

Según la Union Nations Environment Programm (2013, p. 6) recientemente los científicos y especialistas han empezado a fomentar esfuerzos integrales para sustituir y reducir las emisiones de mercurio (Hg) por su alto grado de contaminación. El estudio de la contaminación por mercurio ha contribuido a una variedad de políticas nacionales e internacionales relacionadas con el manejo de este contaminante ubicuo (Bank, 2012). El Convenio de Minamata es un tratado internacional que busca proteger la salud y el medio ambiente de los efectos adversos del mercurio, adoptado en la ciudad de Minamata, Japón, el convenio lleva el nombre de esta localidad que experimentó uno de los peores desastres de envenenamiento en la década de 1950 (Minamata Disease Municipal Museum, 2019). Este acuerdo está compuesto por un preámbulo y 29 artículos que establecen las disposiciones y obligaciones de las partes con el objetivo de reducir las emisiones y liberaciones de este metal a nivel global, y controlar su uso. La implementación y seguimiento del convenio son responsabilidad de cada país que lo ha ratificado.

Es por ello que el propósito de este estudio es identificar las medidas más sobresalientes, aplicadas en Japón, para el cumplimiento del Convenio de Minamata; y tener referencias prácticas de lo que se podría ejecutar en países en vías de desarrollo. Ecuador firmó en 2013 el convenio, conjuntamente con 127 Estados, con el compromiso de reducir el uso de Hg. No obstante, este metal sigue estando muy extendido en la minería artesanal y en pequeña escala (Mestanza-Ramón *et al.*, 2023). En los últimos años las agencias de regulación y control estatales han efectuado operativos contra la minería ilegal que emplea mercurio de forma continua,

NOTAS DE AUTOR

sjnavas1@utpl.edu.ec

así como la capacitación a mineros en lo referente a los afectos adversos para la salud y el medio ambiente. Sin embargo, Ecuador a pesar de haber ratificado el acuerdo, aún no ha implementado medidas correctivas claras o planes de acción direccionados al cumplimiento del acuerdo en otros ámbitos como el reciclaje de equipos que contienen mercurio o un monitoreo permanente para medir sus emanaciones (Union Nations Environment Programm, 2013).

Las naciones que han ratificado el convenio se comprometen a adoptar medidas para mitigar y, en la medida de lo posible, eliminar el uso de mercurio en distintas industrias, así como a implementar prácticas seguras en aquellos casos en los que su uso sea inevitable. Japón, siendo el país que ha impulsado el acuerdo, está a la vanguardia del fortalecimiento de medidas en protección ambiental con regulaciones estrictas, erradicación de la minería primaria de cinabrio (sulfuro de mercurio) en su territorio (Kumamoto Prefecture, 2010), correcta gestión de componentes electrónicos que contienen Hg, cooperación internacional con otras naciones, el empleo de laboratorios de vanguardia para el monitoreo del Hg y otras tecnologías que han permitido erradicar el empleo de Hg en distintos sectores. Esto se ha reflejado en la reducción considerable de Hg en la demanda de mercurio en el país asiático (Figura 1).

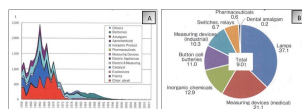


FIGURA 1

A) Tendencia de la demanda de mercurio en Japón. B) Flujo anual del mercurio en Japón

Ministry of the Environment of Japan, s/f

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se describe de forma cronológica las visitas técnicas y tecnologías innovadoras de mayor relevancia que se realizaron durante el desarrollo del curso de capacitación. Las actividades están relacionadas a los distintos artículos expuestos en el convenio y las estrategias adoptadas para su cumplimiento.

Nomura Kosan Co., Ltd.

El artículo 3 del Convenio de Minamata, hace referencia a las fuentes de suministro y comercio de mercurio, en donde se señala que no se permitirá la extracción primaria de mercurio. Mientras que el artículo 11 establece que los desechos de mercurio sean gestionados de manera ambientalmente racional y sean recuperados, reciclados o regenerados (ONU, 2019).

En Japón, los productos que contienen mercurio como lámparas fluorescentes, baterías (Ni-Cd, Li-ion y Ni-MH); y termómetros son recolectados voluntariamente por los fabricantes o depositados en contenedores especiales por la población, para posteriormente ser tratados en la empresa Nomura Kosan Co., Ltd. localizada en Hokaido. Esta empresa originalmente era una mina de cinabrio (sulfuro de mercurio) hasta que en 1970 subsecuentemente redireccionó sus funciones para la recuperación, refinación, purificación y posterior gestión del mercurio. La empresa principalmente utiliza el método de tostado en el cual se calienta los residuos contaminados a temperaturas de aproximadamente 600 °C hasta 800 °C, entonces el mercurio es recuperado a través de un proceso de enfriamiento ya que este metal solo puede ser recuperado a partir del gas emanado. La tecnología y las instalaciones de esta empresa son capaces de tratar altos niveles de metales pesados, excediendo el 1% de su contenido en los desechos. Además, la compañía trata con otros metales como el arsénico, plomo y cadmio. Como resultado del proceso de tostado, existe un horno de combustión secundario para suprimir las emanaciones de dioxinas causadas por los residuos que contienen cloro (Figura 2).



FIGURA 2

Instalaciones de la empresa Nomura Kosan Co., Ltd.

- A) Zona de almacenamiento de lámparas fluorescentes.
- B) Baterías de Cadmio-Níquel recolectadas para el procesamiento.
- C) Zona de selección y clasificación de residuos contaminados.
- D) Tambor para la calcinación de residuos.
- E) Algunos metales y componentes recuperados como productos secundarios.
- F) Recipientes que contienen el mercurio refinado y purificado.

Proyecto de restauración ambiental de la bahía de Minamata

El artículo 12 referente a sitios contaminados establece que las partes procurarán elaborar estrategias para identificar y evaluar los sitios contaminados con Hg o componentes relacionados. Se alienta a las Partes a cooperar en la formulación de estrategias y la ejecución de actividades para detectar, evaluar, priorizar, gestionar y, según proceda, rehabilitar sitios contaminados (ONU, 2019).

En 1932, la empresa Chisso fue una de las primeras en producir acetaldehído, un material usado en la fabricación de plásticos y otros productos químicos. Como compuesto secundario se producía un componente tóxico denominado metilmercurio $[CH_3Hg]^{\#}$, el cual era liberado directamente en la bahía y esto produjo la contaminación del ambiente con el desarrollo de la enfermedad de Minamata. En 1968 la empresa Chisso, culpable de la contaminación, cesó la producción de acetaldehído, pero los sedimentos marinos continuaron contaminados. En 1977, la prefectura de Kumamoto llevó a cabo el gran proyecto de restauración ambiental el cual consistió en dragar los sedimentos marinos contaminados con mercurio (aproximadamente 780000 m^3) para ser depositados y confinados en un vertedero de contención seguro en el interior de la bahía cuya construcción empezó en 1977 y fue completado 13 años después con un costo de ¥ 48.5 billones de yenes (Figura 3).

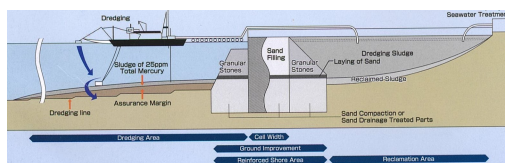


FIGURA 3

Perfil representativo de las obras civiles y operaciones desarrolladas en el proyecto de remediación ambiental en la bahía de Minamata

Minamata Disease Municipal Museum (2012)

En 1997, luego de análisis en peces se determinó que el nivel de mercurio fue inferior a las regulaciones gubernamentales (mercurio total 0.4 ppm y metilmercurio 0.3 ppm) por tres años consecutivos. Actualmente la prefectura continúa con análisis y control del agua, calidad del fondo marino y fauna para verificar las condiciones ambientales seguras en la zona (Ministry of the Environment of Japan, 2013). En este lugar fue construido un parque de temática ambiental y la salud (Eco Park Minamata) (Figura 4).

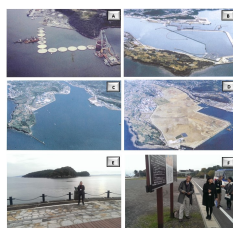


FIGURA 4
Bahía de Minamata

- A) Construcción del apuntalamiento reforzado con celdas de tablestacas de acero.
 - B) Dragado de sedimentos marinos con barcos especializados.
 - C) Bahía de Minamata antes de la recuperación de terreno al mar.
 - D) Bahía de Minamata posterior a la recuperación de terreno al mar.
 - E) Bahía de Minamata en la actualidad convertida en un Ecoparque.
 - F) Salida técnica para conocer la historia del proyecto de restauración ambiental.
- A, B, C y D (Ministry of the Environment of Japan, 2013)

Sustitución de mercurio en procesos industriales

En el artículo 5 denominado “procesos de fabricación en los que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio” indica que ninguna parte permitirá, tomando para ello las medidas apropiadas, el uso de mercurio ni de compuestos de mercurio en los procesos de fabricación. Además, se alienta a los gobiernos a intercambiar información sobre nuevos avances tecnológicos pertinentes, viables desde el punto de vista económico y técnico para reducir y, cuando sea factible, eliminar su uso en los procesos industriales (ONU, 2019).

El mercurio ha sido usado en diversos procesos de manufactura, por ejemplo, cloralkali, cloruro de vinilo y acetaldehído. La soda caustica puede ser producida por un método denominado membrana de intercambio iónico. Durante el periodo de crecimiento económico posterior a la guerra, en Japón la soda caustica se producía principalmente a través del mercurio, siendo este proceso en el que se consumía cerca de la mitad del mercurio empleado en todo el país (Minamata Disease Municipal Museum, 2012). Desde 1986, el uso del mercurio en este tipo de industria quedó obsoleto con el método de la membrana con intercambio iónica. Esta metodología tiene algunas ventajas como gran calidad de producción y bajo consumo de energía, lo que ha llevado a esta tecnología a ser exportada a todo el mundo (Figura 5).

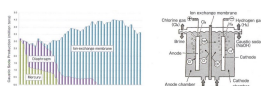


FIGURA 5

- A) Tendencias en la producción de soda caustica en Japón por procesos de producción.
 - B) Diagrama conceptual del método de la membrana de intercambio iónico
- Ministry of the Environment of Japan (2013)

Red de monitoreo del mercurio

El artículo 19 enfocado a la investigación, desarrollo y vigilancia; señala que los gobiernos deben elaborar y mejorar los inventarios del uso, consumo y las emisiones antropógenas en el aire, suelo y agua. Así como la elaboración de modelos y la vigilancia geográficamente representativa de los niveles de Hg (ONU, 2019).

El Instituto Nacional para la Enfermedad de Minamata (NIMD) es la única organización en el mundo que es especializada en la investigación integral del mercurio, y posee gran cantidad de información, así como gran variedad de técnicas analíticas de vanguardia y resultados de investigación (Figura 6). El Ministerio del Ambiente (MEGJ) y el NIMD han direccionado esfuerzos para el monitoreo del mercurio y compuesto de

mercurio en el aire, partículas diseminadas y en las precipitaciones en seis ciudades de Japón. El monitoreo ha sido continuo desde el 2007 para recolectar información relevante con el fin de evaluar las tendencias a largo plazo y el alcance del transporte atmosférico en la región Asia-Pacífico. La información del monitoreo está planificada para ser usado en la evaluación de la efectividad de la Convención de Minamata.



FIGURA 6
Instalaciones

- A) Instalaciones del Instituto Nacional para la Enfermedad de Minamata (NIMD).
B) Instalaciones del Ministerio del Ambiente de Japón, subdivisión para el estudio del mercurio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los inventarios antropógenos de las emisiones de mercurio son cruciales para la estimación de la eficacia del Convenio de Minamata (Cheng *et al.*, 2023). Siendo Japón un país que ha reducido progresivamente las emanaciones, con un uso y producción indirecta en el 2019 por debajo de las 10 t en comparación de las 2500 t en 1964 (Minamata Disease Municipal Museum, 2019, p. 17). Sin embargo, como señalan Zhang *et al.* (2023) en China las emisiones totales de Hg aumentaron de 217 t en 1980 a 357,8 t en 2020, con un valor máximo de 506,6 t en 2010; esto debido a su acelerado crecimiento económico. Aunque el sector minero no es una actividad económica relevante en Japón, ya que el país abandonó la minería primaria de mercurio en la década de los 70 (Lara-Rodríguez y Fritz, 2023).

El artículo 07 del Convenio de Minamata enfatiza que se adoptará medidas para reducir y, cuando sea viable, eliminar el uso de mercurio y de compuestos de mercurio de esas actividades. En contraste, la extracción de oro artesanal y en pequeña escala a nivel mundial (ASGM) es una de las mayores fuentes de liberación de Hg y es fundamental para abordar este problema. Cada año se emiten entre 248 y 838 toneladas de Hg del sector ASGM, con un valor medio de 615 toneladas (Cheng *et al.*, 2023). Estudios realizados en aguas de los principales distritos mineros del Ecuador (Durán Lascano, 2008) señalan que en Ponce Enríquez la mayor concentración medida fue 47,88 $\mu\text{g/L}$, en Nambija 1812,50 $\mu\text{g/L}$ y en Portovelo 1812,50 $\mu\text{g/L}$. Para tener una idea del grado de contaminación en los cuerpos de agua de Ecuador, en la bahía de Minamata las concentraciones actuales de Hg en agua están en el orden de 0,4 $\mu\text{g/L}$ y 0,3 $\mu\text{g/L}$ (Yorifuji y Tsuda, 2014).

Otros estudios en la región Andina Ecuatoriana revelaron niveles preocupantes de Hg, especialmente en las provincias de Azuay y Loja donde se detectaron valores de Hg en el agua de hasta 0,0913 mg/L y 0,0387 mg/L, respectivamente (Mestanza-Ramón *et al.*, 2023). Otras investigaciones llevadas a cabo por Gundersen *et al.* (2023) en el Océano Ártico (Región de Barents) señalan que existen fuentes de liberación terrestre debido a que la región tiene un alto desarrollo industrial. El sitio reportado con los niveles más altos de mercurio fue en el río Dvina (Rusia) con una concentración máxima de 0,27 $\mu\text{g/L}$.

Los datos de caracterización de residuos peligrosos que contiene Hg pueden utilizarse para guiar la gestión a largo plazo para reducir los impactos ambientales o posibles ciclos de recuperación controlada (Hennebert, 2022). Japón a través de la empresa Nomura Kosan Co., Ltd. ha sido pionera en el almacenamiento y tratamiento de residuos contaminados con Hg y otros metales pesados. No obstante, en Ecuador aún no existe un adecuado reciclaje de este mismo tipo de productos o a su vez estrategias para reducir el uso de componentes que contienen Hg (Plan V, 2020). Como sugieren Ayme Huertas *et al.* (2019) se debe establecer una normativa especial para los residuos de aparatos electrónicos, eléctricos, y lámparas fluorescentes al finalizar su vida útil.

Japón cuenta con una extensa y moderna red de detección del Hg, lo que ha permitido que tenga datos fiables sobre el ciclo del Hg a través de los años. La vigilancia continua de las concentraciones y tendencias

atmosféricas de Hg en todo el mundo es pertinente para la evaluación de la eficacia de las medidas del Convenio de Minamata sobre el Mercurio (Tassone *et al.*, 2023). Ecuador no cuenta con una institución que se encargue de medir continuamente las emisiones antropogénicas de Hg como en la industria del cemento, minería artesanal o el uso de combustibles (Ediciónmédica, 2016). Por ejemplo, como señalan Contreras y Bahillo (2018) la industria del cemento es considerada una fuente importante de liberación antropogénica de mercurio a la atmósfera.

CONCLUSIONES

Japón de la posguerra fue uno de los principales contaminantes de Hg debido a su progreso industrial y económico. Sin embargo, debido al incidente de Minamata, este país redireccionó sus políticas para ser pionero en la mitigación y gestión del mercurio con una producción indirecta en el 2019 por debajo de las 10 t en comparación de las 2500 t en 1964. Para alcanzar estas cifras se han realizado grandes inversiones públicas y en coordinación con empresas privadas.

Se comprobó que Japón cumple satisfactoriamente con el Convenio Internacional de Minamata y la ejecución de los artículos que rigen su cumplimiento. Japón erradicó completamente la minería de mercurio primario, cumpliendo con el artículo 3 del Convenio de Minamata sobre las fuentes de suministro y comercio de mercurio. A través de las actividades implementadas por la empresa Nomura Kosan CO., Ltda, se ratifica el artículo 11 sobre los desechos de mercurio. El proyecto de restauración ambiental de la bahía de Minamata permitió ejecutar las disposiciones del artículo 12 referente a sitios contaminados. Las empresas japonesas se han comprometido a innovar y crear nuevas tecnologías como por ejemplo para evitar el empleo de Hg en la producción de soda caustica lo cual justifica las directrices del artículo 5.

Ecuador al haber ratificado el Convenio de Minamata se comprometió a formular estrategias y gestionar su cumplimiento. Para ejecutar el artículo 7, sobre el mercurio en la minería, se ha implementado acciones parciales para su cumplimiento como esfuerzos para combatir la minería ilegal y se brinda capacitaciones en los distritos mineros. En Ecuador no existe un registro detallado y periódico sobre las emanaciones de Hg. Los escasos estudios señalan que en Ponce Enríquez la mayor concentración de Hg, medida en agua, fue 47,88 µg/L, en Nambija 1812,50 µg/L y en Portovelo 1812,50 µg/L. Una información metódica sobre concentraciones en agua, aire y suelo permitiría evaluar el potencial de reducción de emisiones y el establecimiento de planes de acción; así como evaluar el cumplimiento del convenio. No se han desarrollado proyectos o planes de remediación ambiental en zonas contaminadas como son los distritos mineros en el país. Asimismo, el establecimiento de tecnologías seguras de reciclado es una necesaria y efectiva solución a la contaminación por metales pesados.

La investigación sobre el destino y el transporte del mercurio requiere más esfuerzos para obtener un conocimiento profundo de su ciclo biogeoquímico, particularmente en el hemisferio sur y los trópicos en donde aún faltan sitios de monitoreo. Este estudio proporciona información valiosa para que las entidades competentes tomen decisiones adecuadas o pueda contribuir al desarrollo de políticas para controlar la contaminación, que genera este metal tóxico, y proteger la salud humana y ambiental.

RECOMENDACIONES

El gobierno de Japón, a través de cooperación con otros países, realiza esfuerzos constantes para difundir la historia de la catástrofe ambiental de Minamata, con el fin de tener presentes los riesgos de la contaminación por mercurio. Estudios relacionados al mercurio y su contaminación deben hacerse periódicamente debido a que el cambio de temporada influye definitivamente en la cantidad de mercurio que puede encontrarse en

las muestras, es decir, que es necesario tomar en cuenta la época del año en la que se realiza el estudio por lo que se recomienda hacer estudios multitemporales.

REFERENCIAS

- Ayme Huertas, I.A. *et al.* (2019) Riesgos a la salud y ambiente por el uso de lámparas que contienen mercurio. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, (4), pp. 93-119. ISSN 2709-3689, ISSN-e 2523-2894. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8577532&info=resumen&idioma=ENG> (Accedido: 17 de octubre de 2022).
- Bank, M. S. (2012) *Mercury in the Environment. Pattern and Process*, University of California Press.
- Contreras, M.L. y Bahillo, A. (2018) *El mercurio y la industria cementera*. pp. 131-143. https://www.researchgate.net/publication/330312550_El_mercurio_y_la_industria_cementera
- Cheng, Y. *et al.* (2023) A review of gold production, mercury consumption, and emission in artisanal and small-scale gold mining (ASGM). *Resources Policy*, 81. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103370>
- Durán Lascano, J. (2008) *Diagnóstico de la contaminación por mercurio en aguas y sedimentos de ríos que reciben efluentes de la minería de oro en los sectores de Nambija, Ponce Enriquez y Portovelo*. Proyecto Fin inédito en Carrea de Ciencias Ambientales. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Carrera en Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente.
- Ediciónmédica (2016) Ecuador tiene alta contaminación de mercurio. Disponible en: <https://www.edicionmedica.ec/secciones/salud-publica/ecuador-tiene-alta-contaminacion-de-mercurio-87503> (Accedido: 28 julio 2023).
- Gundersen, C.B. *et al.* (2023) Mercury in the Barents region – River fluxes, sources, and environmental concentrations. *Environmental Pollution*, 333(June), p. 122055. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122055>
- Hennebert, P. (2022) Risk management of hazardous solid wastes by hazardous property including mercury containing wastes. *Detritus*, (20), pp. 78-89. Disponible en: <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2022.15212>
- Lara-Rodríguez, J.S. y Fritz, M.M.C. (2023) How does eliminating mercury from artisanal and small-scale gold mining lead to achieving sustainable development goals?. *Natural Resources Forum*, 47(2), pp. 214-228. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12279>
- Mestanza-Ramón, C., Jiménez-Oyola, S., Gavilanes Montoya, A. V., Vizuete, D. D. C., D’Orio, G., Cedeño-Laje, J., Urdánigo, D., & Straface, S. (2023) Human health risk assessment due to mercury use in gold mining areas in the Ecuadorian Andean region. *Chemosphere*, 344 (October). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140351>
- Ministry of the Environment of Japan (2013) Japan’s Commitment to the Minamata Convention on Mercury. *A voice from Minamata to the world*. Tokyo. <https://www.env.go.jp/content/900415048.pdf>
- Ministry of the Environment of Japan (s/f) *Water, Soil, and Ground Environment*. Disponible en: <https://www.env.go.jp/en/index.html> (Accedido: 25 julio 2023).
- Minamata Disease Municipal Museum (2012) *Exhibit Guide*. Disponible en: https://minamata195651.jp/guide_en.html (Accedido: 25 julio 2023).
- Minamata Disease Municipal Museum (2019) *Minamata Disease. Its History and Lessons: Kumamoto Prefecture*, pp. 17-20. https://minamata195651.jp/list_en.html
- ONU (2019) Convenio de minamata sobre el mercurio. *ONU programa para el medio ambiente Convenio de Minamata sobre el Mercurio*, 17-20. <http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/COP3-version/Minamata-Convention-booklet-Sep2019-SP.pdf>
- Plan V (2020) Ecuador, ahogado en basura, está lejos de cumplir las metas de los ODS al 2030. Disponible en: <https://n9.cl/wxbb> (Accedido: 28 julio 2023).
- Tassone, A. *et al.* (2023) Seven-year monitoring of mercury in wet precipitation and atmosphere at the Amsterdam Island GMOS station. *Heliyon*, 9(3) Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14608>

- Union Nations Environment Programm (2013) *Mercury, Time to act*. Geneva: Division of Technology, Industry, and Economics Chemicals Branch, pp. 6-10. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27436/mercury_timetoact.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yorifuji, T. y Tsuda, T. (2014) Minamata, en *P.B.T.-E. of T.* (Third E. Wexler (ed.) Oxford: Academic Press, pp. 340-344. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00038-5>
- Zhang, Y. *et al.* (2023) Improved Anthropogenic Mercury Emission Inventories for China from 1980 to 2020: Toward More Accurate Effectiveness Evaluation for the Minamata Convention. *Environmental Science & Technology*, 57(23), pp. 8660-8670. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c01065>