



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences



Perfil nacional de uso de mercurio en Costa Rica a la luz de la entrada en vigencia del Convenio de Minamata

National Profile of Mercury Use in Costa Rica in light of the Entry into Force of the Minamata Convention

Adriana Fernández Villalobos^a, Jorge Herrera Murillo^b y José Pablo Sibaja Brenes^c

^a Ingeniera Química, Escuela de Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica, adri.fer.vil@gmail.com

^b Químico, Laboratorio de Análisis Ambiental, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, jorge.herrera.murillo@una.cr

^c Químico Industrial, Laboratorio de Química del Atmósfera, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, jose.sibaja.brenes@una.cr

Director y Editor:

Dr. Sergio A. Molina-Murillo

Consejo Editorial:

Dra. Mónica Araya, Costa Rica Limpia, Costa Rica

Dr. Gerardo Ávalos-Rodríguez. SFS y UCR, USA y Costa Rica

Dr. Manuel Guariguata. CIFOR-Perú

Dr. Luko Hilje, CATIE, Costa Rica

Dr. Arturo Sánchez Azofofeifa. Universidad de Alberta-Canadá

Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas

Editorial:

Editorial de la Universidad Nacional de Costa Rica (EUNA)



Los artículos publicados se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada del artículo, siempre y cuando se mencione la fuente y autoría de la obra.



Perfil nacional de uso de mercurio en Costa Rica a la luz de la entrada en vigencia del Convenio de Minamata

National Profile of Mercury Use in Costa Rica in light of the Entry into Force of the Minamata Convention

Adriana Fernández Villalobos^a, Jorge Herrera Murillo^b y José Pablo Sibaja Brenes^c

[Recibido: 21 de febrero 2017; Aceptado: 15 de mayo 2017; Corregido: 29 de mayo 2017; Publicado: 01 de julio 2017]

Resumen

El mercurio es un metal cuya inadecuada gestión puede poner en riesgo la salud y el medio ambiente, y debido a que en el país no existe una herramienta que le permita establecer los controles para su gestión, se elaboró un perfil de uso de mercurio en Costa Rica para el año 2014, con el fin de identificar las fuentes antropogénicas existentes, al evaluar las capacidades existentes en el país para la gestión de dicho metal, a raíz de la implementación del Convenio de Minamata. Para su desarrollo se realizó una amplia investigación bibliográfica y visitas de campo dirigidas a todas las actividades económicas relacionadas con la gestión del mercurio. De acuerdo con el análisis realizado, la minería artesanal se considera el sector más riesgoso, ya que los grupos mineros se encuentran en constante contacto con el metal y lo manipulan inadecuadamente; los centros de salud, hospitales y clínicas odontológicas están limitados por la falta de legislación y, por ello, se identifican debilidades como la falta de capacitación del personal respecto a los riesgos del mercurio y el almacenamiento de sus residuos en sitios inadecuados. Por otro lado, los cosméticos, biocidas, plaguicidas, y pinturas se encuentran debidamente regulados con respecto a las mejores prácticas y estándares a nivel internacional. Asimismo, se identificó un vacío en todas las etapas que incluye la gestión de residuos de mercurio a nivel nacional. Se recomienda la implementación de planes y estrategias nacionales para combatir los mayores desafíos de la gestión del mercurio como lo son la falta de opciones de almacenamiento y la disposición final.

Palabras clave: Convenio de Minamata, Costa Rica, mercurio, minería artesanal, perfil de uso.

Abstract

Mercury is a metal whose inadequate management can put health and the environment at risk; but in Costa Rica there is no a complete policy that allows the country to establish the controls for its management. Therefore, in 2014, a profile of mercury use was elaborated in Costa Rica in order to identify existing anthropogenic sources, when evaluating the existing capabilities in the country for the management of such metal, in accordance with the implementation of the Minamata Agreement. For its development, extensive bibliographical research and field visits were conducted to all economic activities related to mercury management. According to the analysis, the artisanal mining is considered the riskiest sector since the miners are in constant contact with the metal and manipulate it inadequately. Health facilities, hospitals and dental clinics have limitations due to the lack of legislation and, therefore, weaknesses—such as the lack of training of staff in relation to the risks of mercury and the storage of their wastes in inappropriate places—are

^a Ingeniera Química, Escuela de Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica, adri.fer.vil@gmail.com

^b Químico, Laboratorio de Análisis Ambiental, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, jorge.herrera.murillo@una.cr

^c Químico Industrial, Laboratorio de Química del Atmósfera, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, jose.sibaja.brenes@una.cr



identified. On the other hand, cosmetics, biocides, pesticides, and paints are duly regulated with respect to best practices and standards at the international level. Likewise, a vacuum was identified at all stages, including the management of mercury waste at the national level. It is recommended that national plans and strategies be implemented to address the major challenges of mercury management, such as the lack of storage and disposal options.

Keywords: Artisanal gold mining, Costa Rica, mercury, Minamata Convention, use profile.

1. Introducción

El mercurio es un metal que se caracteriza por tener un brillante color plateado y ser inodoro, su símbolo químico es Hg. En su forma pura comúnmente se le llama metálico o elemental. Es líquido a temperatura ambiente lo que hace que su presión de vapor se encuentre en equilibrio y debido a ello sea muy volátil; posee la capacidad de formar aleaciones llamadas amalgamas, con casi todos los metales entre los que se destacan el oro y la plata (Pirrone et al., 2010). Aunque no es usual encontrarlo en la naturaleza en su forma elemental, puede encontrarse en su forma más común como sulfuro de mercurio (II) (HgS), que se obtiene del mineral cinabrio del cual resulta sencillo recuperar el metal a través de la aplicación de calor.

Sus fuentes de emisión pueden agruparse en dos categorías: las generadas por las fuentes naturales y las antropogénicas (causadas por el ser humano). En general, se estima que el 30% de las emisiones de este metal a nivel mundial son de origen antropogénico, el 10% de tipo natural y existe un 60% de reemisiones a partir de los suelos y los océanos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2014).

La contaminación por mercurio tiene un impacto significativo, ya que este elemento puede fácilmente migrar entre varios medios como el aire, el suelo y el agua tanto a escala local como global. El mercurio es un elemento altamente nocivo, en términos generales su toxicidad se debe a su persistencia, bioacumulación, biomagnificación y capacidad para formar compuestos orgánicos. El metilmercurio es la forma más tóxica, este compuesto es una potente neurotoxina que se forma naturalmente por la actividad biológica en los ambientes acuáticos; por lo tanto, el metilmercurio se encuentra en los peces y los mamíferos marinos que consumen los seres humanos (Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes [IPEN], 2014).

En relación con lo descrito, en el año 2013 Costa Rica firma el Convenio de Minamata que es un tratado global cuyo principal objetivo es “proteger la salud del ser humano y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas del mercurio y los compuestos de mercurio” (United Nations Environment Programme [UNEP], 2013, p. 3). Este convenio afianza el compromiso de los países firmantes de la Naciones Unidas para controlar sus emisiones y, de esta forma, evitar que se repitan episodios como el envenenamiento por metilmercurio de una gran cantidad de personas ocurrido en la década de los años 50 en la Bahía de Minamata en Japón, debido a la mala práctica del tratamiento de aguas residuales de una industria productora de acetaldehído, de allí el nombre del convenio.

La ratificación en Costa Rica del Convenio de Minamata fue publicada en el Diario Oficial La Gaceta, el 21 de octubre del 2016, mediante la Ley 9391. Cabe indicar que con esta aprobación el país asume el compromiso de la innegable necesidad de avanzar en su implementación para reducir los posibles efectos de este contaminante.



En razón de lo anterior, la creación de un perfil se realiza con el objetivo de contar con un panorama general del uso del mercurio en el país, su producción, almacenamiento y disposición final. Con su desarrollo se pretende aportar una mejor comprensión de la situación de la gestión, de problemas reales y potenciales y la necesidad del fortalecimiento de la reglamentación técnica. De esta forma, se pueden establecer factores base para fortalecer las capacidades nacionales para estimular el uso de alternativas libres de mercurio o con bajo contenido de este, desarrollar esquemas y promover modelos de negocio ambientalmente adecuados para la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos.

2. Metodología

La metodología empleada consistió en el levantamiento de la información, principalmente de los diagnósticos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), acerca todas las actividades económicas que utilizan mercurio, para luego verificar cuáles de estas se desarrollan en Costa Rica a través de consultas con profesionales y personas expertas en cada área, trabajo que se realizó con el apoyo del Ministerio de Salud. La recolección de datos e información requirió además de la consulta bibliográfica que incluyen publicaciones científicas, fuentes digitales del programa de Mercurio de la UNEP, publicaciones de otros países como la United States *Environmental Protection Agency (US EPA)* y los programas de mercurio de la *European Commission*. La revisión de la legislación nacional se realizó mediante búsquedas selectivas del Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ).

El análisis del mercurio en el uso y consumo de energía requirió de agrupar el sector en tres áreas: uso de combustibles, biomasa y geotermia. Respecto al primero se refiere a la combustión de estos como fuente de energía, para ello se realizaron consultas a la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE) acerca de importaciones y análisis de calidad en combustibles; la oferta y consumo de energía durante el año de estudio se basó en el Balance Energético Nacional proporcionado por la Dirección Sectorial de Energía (DSE). Por otro lado, se consultaron informes como el Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2014-2035 del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y estudios de consumo energético de biomasa de la DSE para determinar la cantidad de plantas de producción eléctrica que utilizan carbón o derivados del petróleo, así como el consumo de combustibles biomásicos y los sectores que los utilizan. Los detalles del manejo del mercurio en la geotermia se consultaron con el director de Recursos Geotérmicos del ICE.

En cuanto a la minería artesanal se programaron visitas de campo para poder analizar el proceso de extracción de oro *in situ*, se entrevistó a los grupos mineros con el fin de obtener una descripción detallada del proceso y condiciones de trabajo. Además, se llevó a cabo una caracterización con el fin de cuantificar el consumo de mercurio, lo cual se realizó en tres lugares de procesamiento diferentes. Con una balanza digital se midió la masa del mercurio inicial, masa de la amalgama post molienda, el mercurio recuperado después de la retorta y el oro después de fundición; con una balanza de una mayor capacidad (150 kg) se midió la masa del material a procesar y con un cronómetro se midió el tiempo total de molienda, el total de procesamiento y el tiempo entre cajuelas agregadas.



Se realizó una visita a una de las industrias productoras de cemento para conocer su proceso y las medidas que se usan para controlar las emisiones a la atmósfera. Una aproximación de la cantidad de mercurio que puede emitir una cementera se realizó utilizando los reportes operacionales del 2013, 2014, 2015 y 2016, proporcionados por las áreas rectoras del Ministerio de Salud.

Se solicitaron los datos de importaciones y exportaciones del año 2014 de las partidas y subpartidas relacionadas con mercurio a la Dirección General de Aduanas (DGA), con ello se identificaron los productos con uso intencional de este metal. Para los que sus residuos se consideran de manejo especial o peligroso como lo son los fluorescentes, baterías y residuos electrónicos, se visitaron los gestores correspondientes para analizar el proceso y condiciones de gestión, y obtener los datos de las cantidades procesadas durante el año 2014.

Adicionalmente, para el caso de las sustancias químicas, se entrevistó a personal regente químico de la Universidad de Costa Rica (UCR), el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), la Universidad Nacional (UNA) y la Universidad Estatal a Distancia (UNED), además 12 universidades colaboraron con la solicitud de un inventario de compuestos químicos y equipos con mercurio.

La problemática del sector salud se abordó con el apoyo de la organización no gubernamental Salud Sin Daño, realizando visitas a dos centros hospitalarios seleccionados, el Hospital Nacional de Niños (HNN) y al Hospital México (HM). Además, el Almacén Central de la CCSS brindó los despachos por unidad ejecutora de los termómetros rectales y amalgamas dentales del 2014. En cuanto a la práctica odontológica privada se elaboró una encuesta en conjunto con el Colegio de Cirujanos Dentistas de Costa Rica con el software gratuito desarrollador de encuestas en línea *SurveyMonkey*; con el objetivo de conocer el manejo de amalgamas dentales. Se recibió asesoramiento del programa USES de la UCR con respecto al diseño de la encuesta y análisis de los datos. La muestra fue de 200 profesionales de odontología del sector privado con un 95% de confianza y un error máximo permisible del 5%.

Se realizó una visita al relleno sanitario El Huazo, uno de los tres parques de tecnología ambiental que maneja la empresa Berthier EBI, pues recibe la basura de 4 cantones de la provincia de San José. Las toneladas de residuos generados y recolectados en el 2014 se obtuvieron con la información de un informe de la Contraloría General de la República y datos de la Encuesta Nacional de Hogares del 2014 del Instituto Nacional de Estadística y Censo.

3. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los principales procesos o actividades económicas con los que Costa Rica contribuye a la liberación de este elemento.

3.1 Extracción y uso de combustibles / Fuentes de energía

El mercurio puede encontrarse naturalmente como elemento traza en combustibles fósiles, su concentración varía dependiendo del origen. A nivel mundial, las plantas de generación eléctrica a base de carbón son el segundo mayor contribuyente de emisiones de mercurio a la atmósfera (UNEP, 2013).

Afortunadamente el país no cuenta con centrales eléctricas de carbón y tampoco se contemplan en el Plan de Generación Eléctrica del Instituto Costarricense de Electricidad.



El carbón, como combustible, se usa únicamente en pequeñas cantidades importadas por la industria cementera (Instituto Costarricense de Electricidad [ICE], 2014).

Por otro lado, en el país no se realiza la extracción o refinación de derivados de petróleo ni se cuenta con depósitos o reservas probadas de combustibles fósiles (ICE, 2014), por lo que la totalidad de los combustibles es importada y la única manera de provocar la liberación de emisiones sería mediante su consumo a través de la combustión en sus distintos usos. Los sectores transporte e industrial corresponden a los que utilizan más combustibles fósiles, en el 2014 representaron un 45% y un 31% de la energía total consumida (A. Molina, comunicación personal, 26 de septiembre de 2016), y donde el transporte utiliza el 67% del total de hidrocarburos importados del país (RECOPE, 2014).

El Cuadro 1 muestra el consumo de la energía secundaria que se registró en el Balance Energético Nacional del 2014. Utilizando los factores de emisión internacionales correspondientes a cada uno de los combustibles ($0,002 \text{ g t}^{-1}$ para todos excepto para el carbón mineral, vegetal y coque que reporta $0,15 \text{ g t}^{-1}$), se estima que se liberaron aproximadamente 20 kg de mercurio a la atmósfera (UNEP, 2015). Evidentemente, la cifra mencionada es una aproximación, pues según la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), el país cuenta con combustibles de muy alta calidad, pero estos análisis no consideran al mercurio y no existen estudios al respecto (ARESEP, 2014); por lo tanto, deben utilizarse factores de emisión internacional para estimar las emisiones de mercurio a la atmósfera.

Cuadro 1. Consumo de energía secundaria en el 2014

| Energía secundaria | Consumo 2014 (t) |
|-----------------------|------------------|
| Carbón mineral (CM) | 2 912 |
| Coque (CK) | 98 883 |
| Gas licuado (LPG) | 134 979 |
| Gasolina regular (GR) | 439 558 |
| Gasolina super (GS) | 355 400 |
| AV gas (AVG) | 1 061 |
| Jet Fuel (JF) | 161 386 |
| Diesel (DO) | 908 668 |
| Gasoleo (GO) | 6 907 |
| Fuel oil (FO) | 106 229 |

Nota: Datos aportados por A. Molina, comunicación personal, 26 de septiembre de 2016.



3.1.1 Combustión biomásica

El mercurio presente en la biomasa como elemento traza puede ser tóxico para esta, aproximadamente de un 70% a un 90% de los metales pesados presentes en biocombustibles se convierten en cenizas volantes durante el proceso de combustión. El uso de biomasa como fuente energética tiene ventajas ambientales sobre los combustibles fósiles como la disminución de las emisiones de mercurio (entre otros compuestos contaminantes) más no las elimina (Jagustyn, Kmiec, Smedowski & Sajdak, 2016).

En el país se pueden encontrar una gran cantidad de recursos biomásicos, especialmente en las actividades agropecuarias y agroindustriales como la producción de azúcar, extracción de aceite de palma, secado de arroz, café y madera. En el año 2014 se consumieron 2 439 549 t de biomasa entre leña, bagazo, cascarilla de café, cascarilla de arroz, cáscara de coquito, mesocarpio de palma y aserrín (A. Molina, comunicación personal, 26 de abril del 2016). A pesar de ello, según una encuesta realizada por la Dirección Sectorial de Energía en el año 2006, alrededor de un 40,3% de los residuos biomásicos producidos no son utilizados y se desaprovechan (**Figura 1**) (Dirección Sectorial de Energía [DSE], 2006).

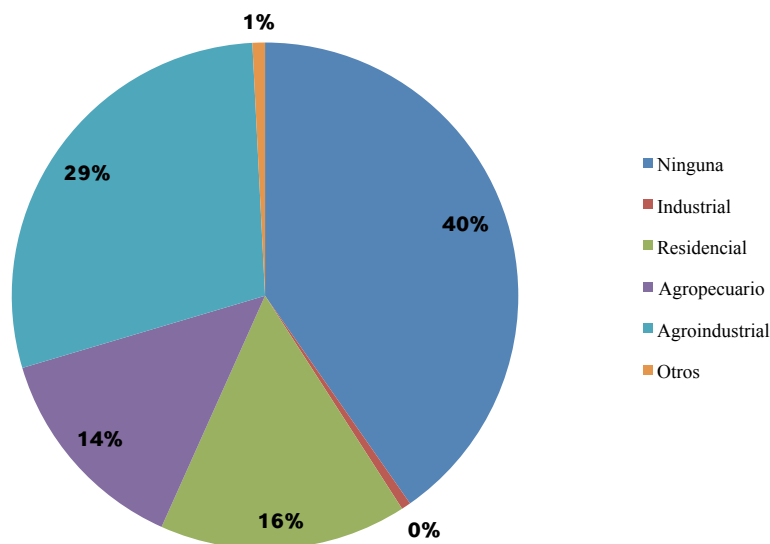


Figura 1. Utilización de biomasa del año 2006 (DSE, 2006).

3.1.2 Geotermia

Respecto a la geotermia, el vapor que se extrae de los pozos en los proyectos geotérmicos trae consigo concentraciones de mercurio que varían dependiendo de la zona geográfica; sin embargo, para el caso del proyecto geotérmico Miravalles, considerado el más grande y desarrollado del país, no se incluyen las mediciones de mercurio en las corrientes de vapor, según el Centro de Servicio Recursos Geotérmicos del ICE, ya que la caracterización realizada durante la etapa de prefactibilidad mostró concentraciones despreciables del metal en el suelo (Hartman, 2016).



En Costa Rica, para el 2014 operaban las plantas geotérmicas de Boca de Pozo 1, Miravalles I, Miravalles II, Miravalles III, Miravalles V y Las Pailas 1. Además, los proyectos Las Pailas 2, Borinquen 1 y Borinquen 2 se encontraban en proceso de implementación, los cuales tendrían una potencia efectiva de 55 MW cada uno (ICE, 2014). El consumo de energía geotérmica del mismo año correspondió a 1 538 135,68 MW/h (A. Molina, comunicación personal, 26 de septiembre de 2016).

3.2 Producción de cemento

En general, en la producción de cemento los metales pesados semivolátiles y volátiles se evaporan y condensan predominantemente en la fracción de polvo fino, por ello el comportamiento del mercurio en este proceso está determinado por las condiciones térmicas a las que se somete (Cement Sustainability Initiative [CSI], 2014).

En el país operan dos industrias de cemento, las cuales produjeron en conjunto 1 488 600 t para el 2014 (DGA, comunicación personal, 17 de febrero del 2016), asumiendo que este valor corresponde solamente a la producción por coprocesamiento y tomando el factor de emisión internacional para este proceso cuyo valor es de 0,15 g Hg t⁻¹ (PNUMA, 2010), dando como resultado una emisión de 223,29 kg de mercurio a la atmósfera para ese año.

El Cuadro 2 muestra los datos de diferentes reportes operacionales de una industria cementera nacional. De la información se puede inferir que esta actividad representa una fuente de liberación de mercurio con concentraciones muy bajas en los materiales, pero donde se producen grandes cantidades de producto terminado, lo que ocasiona que la emisión total sea de mayor importancia, razón por la cual se le atribuye el 9% de las emisiones globales de mercurio a esta actividad (UNEP, 2013).

Cuadro 2. Mercurio emitido en gases de combustión de reportes operacionales de diferentes años

| Fecha de reporte operacional | Concentración de Hg (mg m ⁻³) | Flujo de gases normalizado (m ³ s ⁻¹) | Hg emitido (g) |
|------------------------------|---|--|----------------|
| Enero 2013 | 0,0069 | 75,80 | 16 494 |
| Julio 2013 | 0,0221 | 51,19 | 35 675 |
| Enero 2014 | 0,1020 | 45,52 | 146 413 |
| Julio 2014 | 0,0006 | 66,25 | 1 253 |
| Enero 2015 | 0,0002 | 69,30 | 437,1 |
| Junio 2015 | 0,0033 | 65,00 | 6 764 |
| Enero 2016 | 0,0038 | 52,63 | 6 307 |

Nota: Datos aportados por J. A. Bolaños, comunicación personal, 11 de julio del 2016.



Las industrias nacionales utilizan sistemas de tratamiento como filtros hidrostáticos y ciclones para retener impurezas, los cuales reciben mantenimiento periódicamente de forma que las emisiones de la chimenea se mantengan reguladas.

3.3 Minería artesanal

El mercurio puede ser utilizado como herramienta en la producción de otros metales como zinc, minería de oro plata y cobre entre otros. A nivel mundial esta actividad genera un 37% de las emisiones totales de mercurio y es la mayor fuente de contaminación del aire y el agua (UNEP, 2013). En Costa Rica no se da la extracción primaria del mercurio o metales de ningún tipo, a excepción de la minería artesanal de oro con amalgamación con mercurio desarrollada en varias partes del país, pero principalmente en el cantón de las Juntas en Abangares, en donde están establecidas 4 cooperativas que son reconocidas por el Estado.

El proceso de extracción de oro consiste en moler la piedra extraída de la montaña utilizando un molino artesanal llamado rastra, el cual se muestra en la **Figura 2** y cuya función es la de reducir las piedras hasta cierto tamaño y poner en contacto el mercurio con el material para formar la amalgama (aleación de mercurio con metales como el oro y la plata).



Figura 2. Rastra utilizada en la extracción de oro.

Una vez finalizado este proceso, se drena la rastra a través de la salida lateral, el material cae en una pileta donde el mercurio no amalgamado y la amalgama se depositarán en el fondo a causa de su alta densidad, mientras que el material que se rebalsa sobre la pileta cae en una parrilla debajo de esta, acumulándose las lamas (residuos del proceso). La cantidad de mercurio agregado, el tiempo de adición entre cajuelas, el tiempo de molienda, la cantidad de agua agregada entre muchas otras variables no están estandarizadas, por lo que es la experiencia del sujeto operario el indicador de que las etapas de amalgamación y molienda están completas.

La amalgama depositada en la pileta se lava con agua para eliminar los restos de lama e impurezas que puedan estar mezclados con ella. El exceso de mercurio no amalgamado se recupera por filtración, por medio de una torsión manual con una tela filtrante, la cual deja como resultado la amalgama solidificada (**Figura 3**)



Figura 3. Amalgama obtenida después de la torsión con la tela filtrante.

Para la separación de la amalgama y recuperación del oro, los grupos mineros utilizan un sistema llamado retorta (**Figura 4**), este consiste en un tubo de metal sellado en uno de sus extremos, al calentar este, los vapores de mercurio atraviesan el tubo condensándose, por lo que al llegar al extremo abierto, el mercurio se deposita como gotas en el agua; se separa, así, el mercurio del oro.

El uso de este sistema reduce las emisiones a la atmósfera y promueve la protección de la salud tanto de los grupos trabajadores como de las personas que viven cerca de las operaciones mineras, además evita el desperdicio y se aprovecha el recurso. De igual forma, no contamina los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos ni suelos; y se destaca el alto porcentaje de recuperación de mercurio que tiene la retorta a pesar de las condiciones (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2007).



Figura 4. Sistema de retorta.

El residuo más importante del proceso son las lamas, las cuales se disponen en lagunas como se presenta en la **Figura 5**. La mayoría de estas están al descubierto, recibiendo la radiación solar directamente, lo que podría provocar que el mercurio contenido en las lamas se emita a la atmósfera; la minoría de las personas utiliza una membrana para evitar la filtración de las sustancias a la tierra. A causa de los pocos controles del proceso, las lamas contienen todavía cantidades de oro y de mercurio que podrían recuperarse, sin embargo, es una práctica poco común. Una empresa gestora se encarga de la recolección de estas en todo el cantón, utiliza



la cianuración para recuperar el oro remanente; según personal funcionario del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y habitantes de la región, esta es la única industria que se dedica a gestionar las lamas para su aprovechamiento.



Figura 5. Laguna de disposición de lamas.

Aunque el proceso de extracción de oro puede generalizarse de la forma en la que se describió, cada sitio de procesamiento posee características distintas entre sí, con variables como la cantidad de mercurio consumido y el agregado, la cantidad de material, el tipo de material, entre otros y, por ende, es difícil estandarizarlo.

A pesar de ello se analizaron tres sitios de procesamiento para caracterizarlos y calcular rendimientos. El análisis mostró que, en promedio, se recupera el 89,6% del mercurio agregado cuando se utiliza el sistema de retorta, cifra que implica un buen rendimiento; sin embargo, el 10,4% restante se libera ya sea al aire, agua o suelo. Esta recuperación depende, en gran medida, del tipo de material utilizado ya que, en uno muy sulfuroso, una parte formará compuestos de HgS y la otra se amalgamará; el material con mayor contenido de azufre de las caracterizaciones consumió un 27,8% de mercurio, mientras que para las otras dos fue un 1,3% y 2,2%. El consumo también está relacionado con la volatilidad, debido a su alta presión de vapor; durante la etapa de molienda en la rastra, factores como la temperatura o la presión pueden provocar liberaciones fácilmente.



Como se mencionó, además de Abangares hay otras zonas del país explotadas ilegalmente con la minería artesanal como Miramar y Crucitas, en todas ellas los grupos oreros obtienen el mercurio de forma completamente ilegal y lo manipulan inadecuadamente, sin utilizar protección personal y poniendo en riesgo al ambiente y su salud. Durante el 2017 se decomisaron en Crucitas hasta 2 kilos de mercurio (Soto, 2017). Es evidente que hay un tráfico ilegal de mercurio y no existen controles y, por lo tanto, estimar la cantidad que se utiliza en la minería artesanal es complejo.

3.4 Productos con uso intencional de mercurio

Una gran variedad de productos contiene mercurio debido a que sus propiedades fisicoquímicas lo hacen de gran utilidad. La problemática surge cuando estos productos se rompen, derraman o finalizan su vida útil y se convierten en residuos, los cuales deben disponerse adecuadamente, la gestión de estos se detalla más adelante. En Costa Rica se encuentra una gran variedad de productos con mercurio, en su mayoría se pueden mencionar luminarias, baterías, pinturas, pólvora, termostatos, muchos tipos de instrumentos de medición, cosméticos, entre otros.

En cuanto a las luminarias, se pueden encontrar muchos tipos y diferentes concentraciones de mercurio en cada una de ellas. La totalidad de las luminarias que hay en el país se importan, ya que no se realiza su manufactura, en el 2014 se importó un total de 3 104 926 lámparas con mercurio, lo que corresponde a 41 341,12 g del metal, el **Cuadro 3** muestra la información más detallada.

Cuadro 3. Cantidad de lámparas con mercurio y su contenido importadas en el 2014

| Tipo de lámpara | Cantidad importada | Contenido aproximado de mercurio (mg ítem ⁻¹) | Mercurio total (g) |
|--------------------------|--------------------|---|--------------------|
| Fluorescentes compactos | 2 417 436 | 10 | 24 174,36 |
| Fluorescentes lineales | 680 893 | 25 | 17 022,32 |
| De alta presión de sodio | 5 092 | 20 | 101,84 |
| Vapor de mercurio | 995 | 30 | 29,85 |
| De halogenuro metálico | 510 | 25 | 12,75 |
| Total | 3 104 926 | - | 41 341,12 |

Nota: Datos aportados por DGA (comunicación personal, 17 de febrero, 2016).

En el país hay empresas registradas como gestores de residuos que se encargan de brindarles un tratamiento, ya sea parcial o total, a las luminarias; se pueden encontrar dos tipos de técnicas en este sentido: la inertización en frío y la separación física, ambas con fines diferentes; no obstante, ninguno de los procesos mencionados separa el metal para su reutilización dentro del país.



El objetivo de la separación física consiste en capturar el mercurio contenido en la lámpara en un filtro de carbón activado por medio de una succión al vacío, para ello se utiliza el tipo de tecnología comercial mostrada en la **Figura 6**. Finalmente, el gestor exporta los residuos a alguna empresa extranjera que pueda darles la debida disposición o reciclaje.



Figura 6. Tecnología de separación física (Bulb Eater).

Los gestores autorizados por el Ministerio de Salud para realizar este tipo de tratamientos son: Solirsa Soluciones Integrales de Reciclaje S.A, MADISA, Fortech Química S.A, Servicios Ambientales Geocycle, Servicios Ecológicos M.B.B. S.A y Geep Costa Rica.

En el caso de la inertización en frío, el objetivo es convertir el mercurio en un sólido inerte con baja lixiviabilidad. En el proceso, el fluorescente se tritura y se hace reaccionar con azufre para formar HgS, el cual es un compuesto muy estable. El producto final del procedimiento es una mezcla de HgS y vidrio triturado (ver **Figura 7**), este residuo se almacena ya sea en contenedores o recipientes especiales. Antes de enviar los residuos al relleno, se les realiza una prueba de la movilidad del mercurio; conforme al Decreto 27000-MINAE, la lixiviación de un residuo tratado no puede dar concentraciones mayores de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$.



Figura 7. Residuo de fluorescente tratado con inertización en frío.



En el país solo se han establecido dos gestores que realizan este tipo de procedimientos: FUNDATEC y CYMAPSA. En ambos, los equipos de procesamiento fueron diseñados y fabricados por las mismas empresas. En el **Cuadro 4** se aprecian los datos de la cantidad de lámparas fluorescentes procesadas en el 2014, según la técnica de captura; la información fue proporcionada por los entes gestores y los formularios para el registro de gestores de residuos del Ministerio de Salud.

Cuadro 4. Cantidad de fluorescentes procesados según la técnica de captura de mercurio en el 2014

| Técnica de captura de Hg | Masa de fluorescentes procesados (kg) |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Separación física | 38 606,5 |
| Inertización en frío | 2 400 |
| Total | 41 006,5 |

Nota: Datos aportados por A. Arce, comunicación personal, 23 de septiembre del 2015; R. Campos, comunicación personal, 17 de abril del 2016; Y. González, comunicación personal, 26 de febrero del 2016; P. Quirós, comunicación personal, 21 de octubre del 2015 y J.C. Salas, comunicación personal, 14 de octubre del 2015.

Considerando que los gestores reciben, en su mayoría, lámparas fluorescentes rectilíneas (LFL por sus siglas en inglés) con un promedio de peso por unidad de 100 g (Sylvania, s. f) y un contenido aproximado de 25 mg de mercurio (PNUMA, 2010), se estima que la cantidad de mercurio recuperado por procesamiento de lámparas fluorescentes en el 2014 corresponde a 10 251 kg.

Por otro lado, la empresa Panasonic manufactura pilas, aunque desde el año 2005 no las fabrica con contenido de mercurio (Valverde, 2016). Por lo tanto, la totalidad de las pilas y baterías que contienen este elemento son importadas. En el 2014 se importaron 650 483 pilas según información de la DGA (comunicación personal, 17 de febrero del 2016).

En cuanto a las sustancias químicas con mercurio, estas se destinan para fines diversos en Costa Rica; en su mayoría para el uso industrial, laboratorios y centros de investigación de universidades. Muchas de ellas son importadas, por lo cual, el Laboratorio de Aduanas de la DGA del Ministerio de Hacienda se encarga de clasificar la sustancia para registrarla adecuadamente y almacenarla en los depósitos fiscales. El MS cuenta con departamentos de registro de productos que establecen controles sobre componentes de estos que pudieran perjudicar la salud de la población usuaria.

Los laboratorios y centros de investigación de las universidades públicas y privadas que imparten carreras profesionales en el área de salud, ciencias básicas e ingenierías utilizan compuestos y equipo con mercurio. Se estimó un total de 131 637 kg de mercurio equivalente en uso y almacenado en las instituciones (A. Alfaro, comunicación personal, 12 de enero del 2016; J. Esquivel, comunicación personal, 22 de enero del 2016; B. Fernández, comunicación personal, 20 de enero del 2016; D. Mesén, comunicación personal, 25 de febrero del 2016; M. Ramos, comunicación personal, 12 de febrero 2015; L. Rodríguez, comunicación personal, 19 de abril del 2016 y W. Umaña, comunicación personal, 3 de febrero del 2016). De acuerdo con la información suministrada, hay 2 730 termómetros, 1 picnómetro, 1 incubadora y 1 barómetro registrados como equipos con mercurio. El mercurio equivalente se estimó tomando



como referencia la cantidad del metal contenido en estos equipos (para los datos que no fueron reportados en peso) como de 3,5 g (UNEP, 2015) de mercurio según el equipo estándar que generalmente se utiliza. En total se estimaron 9 558 g de mercurio en equipos de laboratorio y centros de investigación de universidades.

En materia de seguridad, las universidades consultadas cuentan con protocolos en caso de derrames; sin embargo, en la mayoría de los casos la cantidad de personal capacitado para atender correctamente un accidente se reduce a uno. El mercurio recolectado es almacenado en frascos (de vidrio en su mayoría) y en el mejor de los casos es enviado a la proveeduría de la universidad, la cual lo trata para su reutilización (A. Alfaro, comunicación personal, 12 de enero del 2016).

A pesar de que en Costa Rica sí se fabrican plaguicidas, herbicidas fungicidas entre otros, el Decreto Ejecutivo N.º 27769 prohíbe el registro, formulación, fabricación, importación, exportación, tránsito, depósito, almacenamiento, venta y uso agrícola de productos compuestos a base de mercurio. Por otro lado, ninguna de las industrias dedicadas a la fabricación de pinturas y pólvora en el país utilizan compuestos de mercurio como preservante o fulminante en sus procesos.

Son muchos los productos y sustancias con mercurio que se importan al país y contar con los datos exactos de las importaciones de estos es una tarea compleja, ya que la descripción comercial de las partidas y subpartidas arancelarias de productos, que podrían contener este elemento, tiene información vaga y deficiente para identificarlos a cabalidad. El Cuadro 5 brinda las cantidades de artículos y sustancias importadas en el 2014, según la información de la Dirección General de Aduanas (DGA).

Cuadro 5. Importaciones de productos y sustancias con mercurio en el 2014

| Producto | Cantidad importada (unidades) |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Esfigmomanómetros de mercurio | 96 |
| Termómetros de mercurio | 1 421 |
| Fluorescentes | 4 851 027 |
| Pilas | 650 483 |
| Aleaciones de uso odontológico | 1 352 |
| Timerosal | 20 |
| Sustancia | Mercurio equivalente (kg) |
| Cloruro de mercurio | 2,55 |
| Nitrato de mercurio | 21,28 |
| Sulfato de mercurio | 23,49 |
| Yoduro de mercurio | 9,22 |

Nota: Datos aportados por DGA, comunicación personal, 17 de febrero del 2016.



3.5 Gestión de residuos

De acuerdo con un informe de auditoría operativa de la CGR, se estima que 87 de los 481 distritos no tienen acceso al servicio municipal, por lo que las comunidades recurren a prácticas de disposición de residuos no controladas. El mismo informe registró la cantidad de residuos recolectados y generados por cantón en el 2014, para lo cual se estima un total de 949 400 y 1 400 769,59 toneladas respectivamente, lo que corresponde a un 67,78 % de los residuos recolectados (Contraloría General de la República [CGR], 2016).

En conjunto con los datos de la contraloría y las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) se calculó la cantidad de residuos generados a partir de los diferentes métodos de disposición y el mercurio emitido para cada caso; en el **Cuadro 6** se detalla la información y los factores de emisión usados.

Cuadro 6. Cantidad de mercurio emitido por disposición de residuos en el 2014

| Método de disposición | Residuos generados (t) | Factor internacional (g t ⁻¹)* | Mercurio emitido (kg) |
|-----------------------|------------------------|--|-----------------------|
| Relleno sanitario | 949 400 | 5 | 47,47 |
| Entierran | 129 524 | 1,5 | 194,28 |
| Otros | 12 700 | 1,5 | 23,55 |
| Quema | 306 146 | 1,5 | 459,22 |
| Total | 1 400 769,59 | - | 204 261,77 |

*Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases (UNEP, 2015) (CGR, 2016)

En total se emitieron 204 262 kg de mercurio tanto al aire, como al suelo y al agua. En materia de rellenos sanitarios se calcularon 47,47 kg de mercurio emitido, el factor empleado es, por sugerencia del Toolkit, 5 g Hg t⁻¹ y el 1% de este resultado; ya que el mercurio queda atrapado entre la membrana geotextil y la superficie, por tanto, se considera la emisión únicamente hacia el aire (UNEP, 2013). Por otra parte, se infiere que la quema de residuos es el método con mayor aporte de este metal al ambiente.

Es importante resaltar que estos datos son estimaciones y probablemente las cifras reales deben ser superiores, pues se realizan muchas quemas ilegales de residuos. Estadísticas del Reporte de Manejo de los Residuos en Costa Rica, del Instituto Costarricense de Turismo (ICT), declaran que el 31,8% de las viviendas del área rural y un 2,4% del área urbana los queman para deshacerse de ellos. En definitiva, un gran porcentaje de las viviendas en las zonas rurales realizan esta práctica como consecuencia de la falta de acceso al servicio municipal (ICT, 2013).

El Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos propicia la valorización de los residuos mediante programas municipales, ya que actualmente esta recuperación es mínima. En el caso del 2014 se recuperaron únicamente el 1,26% del total de residuos recolectados (CGR, 2016), por lo que el 98,74% restante son residuos recolectados de manera indiscriminada y no selectiva, que se encuentran amontonados en los rellenos sanitarios que no realizan una separación previa de los residuos recibidos, por tanto estos son una combinación de ordinarios, especiales y hasta peligrosos, lo que resulta en la liberación de mercurio por su acumulación.



3.6 Sector salud

Las propiedades fisicoquímicas del mercurio lo convierten en un material con diversos usos en el sector salud, tanto en la práctica médica para fármacos y equipo médico como en la odontológica, específicamente para las amalgamas dentales. El uso de estos expone a una gran cantidad de personas a los peligros que pueda generar un eventual derrame provocado por la ruptura de algún instrumento o producto.

En los hospitales y centros de salud de Costa Rica se pueden encontrar diversos instrumentos y equipos de medición y control que contienen mercurio. Entre los principales se mencionan: termómetros, thimerosal, esfigmomanómetros, dilatadores esofágicos, termostatos, productos oftalmológicos, entre otros. Sin embargo, en el sector público (Caja Costarricense del Seguro Social CCSS) los que están en mayor cantidad son los termómetros y esfigmomanómetros; en el sector privado también hay, pero su uso es mucho menos frecuente.

El Almacén Central de la CCSS, en el 2014 reportó que se despacharon 22 548 termómetros rectales a las distintas áreas de salud del país (J. González, comunicación personal, 15 de abril del 2016), considerando que en promedio estos termómetros contienen 1 g de mercurio (UNEP, 2015), equivaldría a 22 548 kg de mercurio despachado. Respecto a los esfigmomanómetros, estos sí se han ido sustituyendo, ya sea por los digitales o los analógicos, pues en muchos centros de salud su uso los ha hecho irreparables.

El Hospital Nacional de Niños y el Carlos Luis Valverde Vega están catalogados como 100% libres de mercurio. Alrededor de 20 hospitales y clínicas son parte del programa de Hospitales Libres de Mercurio que coordina la ONG Salud Sin Daño, donde se incentiva la eliminación y sustitución del mercurio en estas instituciones, y se ofrecen capacitaciones y asesorías al personal respecto a los riesgos del mercurio. No obstante, una situación preocupante ha surgido a raíz de esto, ya que el país no establecido normativas acerca del almacenamiento y disposición de estos, porque al ir eliminando los residuos de mercurio, los centros de salud se ven obligados a almacenarlos dentro de sus mismas instalaciones; proceso que se realiza siguiendo hasta donde sea posible las mejores prácticas (como se puede observar en la **Figura 8**). Sin embargo, es claro que un hospital no cuenta con un espacio adecuado ni acondicionado para realizar este tipo de práctica.



Figura 8. Almacenamiento de mercurio y equipo con mercurio del Hospital Nacional de Niños



En los lugares donde aún no se ha implementado la iniciativa, es una práctica común desechar termómetros quebrados junto con los residuos infecto-contagiosos e incluso ordinarios (Sibaja, 2015). Es importante aclarar que la sustitución y eliminación del mercurio en hospitales y clínicas es un proceso gradual, de forma que se agoten los recursos con lo que aún se cuenta y no causar desperdicios. Por otro lado, en las farmacias del país se venden termómetros de mercurio y timerosal a cualquier usuario que lo solicite y no hay una regulación al respecto, por lo que estos productos deben encontrarse en muchos hogares donde no hay una educación con respecto a su riesgo.

3.6.1 Amalgamas

El uso de amalgamas mercuriales en la práctica odontológica data desde hace más de un siglo, estas son aleaciones de color gris metálico que están compuestas por aproximadamente 50% de mercurio elemental (UNEP, 2016). El servicio público odontológico que le corresponde a la CCSS emplea amalgama dental como material para la obturación dental; desde el 2005 se utilizan únicamente amalgamas predosificadas (Sibaja, 2015). De acuerdo con la base de datos del Almacén Central de la CCSS, para abril del 2016 se encontraban almacenados 632 frascos de amalgamas predosificadas que contienen 500 cápsulas de amalgama de plata en polvo. En el 2014 se despacharon 1302 frascos, lo que equivale a 651 000 cápsulas de amalgama con mercurio a las diferentes áreas de salud y hospitales públicos en todo el país (J. González, comunicación personal, 18 de abril del 2016).

La Dirección de Gestión de Calidad Ambiental del MINAE realizó una encuesta en el 2016 dirigida a las áreas de salud del país, con el objetivo de conocer la cantidad de amalgamas aplicadas en cada región, así como la correspondiente gestión de los residuos. Dentro de los resultados obtenidos se identificó que, a excepción de las regiones Brunca y Chorotega, las áreas de salud emplean más de 250 cápsulas de amalgamas por mes. Asimismo, se evidenció que en la mayoría de las regiones se realiza tanto el almacenamiento de cápsulas vacías como de restos de amalgama remanente en el filtro de la silla odontológica, práctica que es supervisada por la Coordinación Nacional de la CCSS (Dirección de Gestión de Calidad Ambiental [DIGECA], comunicación personal, 13 de setiembre del 2016). En la **Figura 9** se muestra un ejemplo de almacenamiento de amalgama mercurial en el Hospital Nacional de Niños.



Figura 9. Residuos de amalgama dental en un recipiente con sello de agua



En cuanto a la práctica privada, se aplicó la encuesta a 200 profesionales de odontología (4,69% del total colegiado), el 84% de consultorios se ubicó en la región central del país, y el 16% restante corresponde a las regiones de la periferia. Es importante mencionar, por lo tanto, que los resultados del estudio realizado son exploratorios y no pueden generalizarse.

En cuanto a los resultados arrojados por la encuesta, se determinó que el 91,52% de los sujetos encuestados utiliza cápsulas predosificadas al momento de aplicar amalgamas dentales; el porcentaje restante indicó que aplica la técnica manual. Lo anterior sugiere que esta práctica aún no se ha erradicado completamente del país, aunque su incidencia sea muy poca. Por otra parte, se midió la frecuencia de amalgamas aplicadas y removidas por día, en las **Figuras 10 y 11** se muestran los porcentajes de distribución de estas, respectivamente.

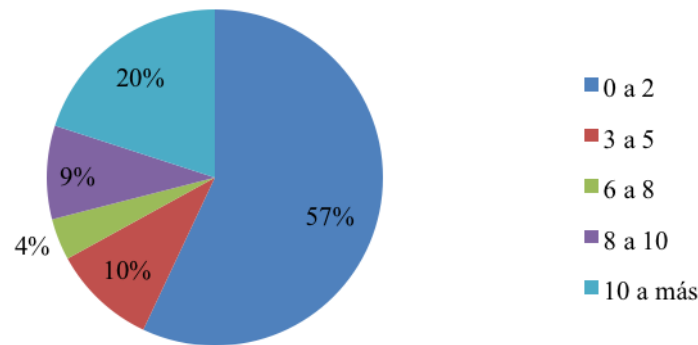


Figura 10. Frecuencia de aplicación de amalgamas en el sector privado para una muestra de 200.

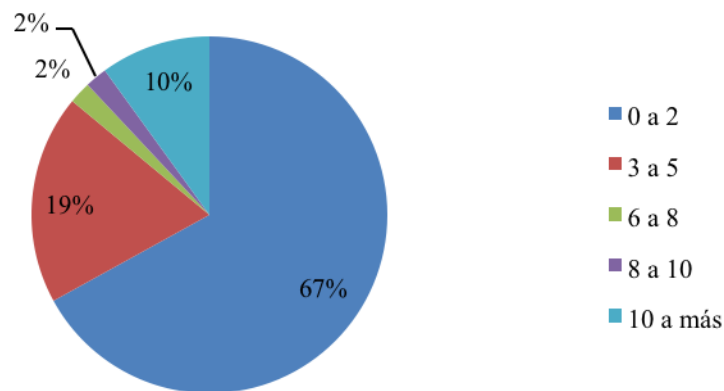


Figura 11. Frecuencia de remoción de amalgamas en el sector privado para una muestra de 200.

Como se observa, la mayoría de profesionales aplica y remueve entre 0 y 2 amalgamas por día; por lo que se puede decir que el uso de estas prácticas en el sector privado se mantiene vigente en baja escala. Acerca de la manipulación de la amalgama dental, resalta la conciencia que tienen los sujetos encuestados sobre la importancia de utilizar equipos de protección personal



al momento de estar contacto con la amalgama, ya que el 81,75% indicó que utiliza guantes, el 74,81% mascarilla y el 21,16% la manguera de succión. Además, se menciona el uso de lentes de protección, gabachas y aislamientos con algodón o goma, como otros implementos.

En cuanto a la disposición y almacenamiento de residuos, el 33,85% aseguró tener mercurio o residuos de amalgama almacenados en su consultorio; ya sea en recipientes de vidrio con sello de agua o glicerina o aceite o sin este. El 20% los descarta en el basurero de desechos infectocontagiosos. El resto los dispone en recipientes ya sean de vidrio o plástico y los almacena a la espera de una normativa.

3.7 Normativa aplicable

Costa Rica ratificó el 21 de octubre del 2016 el Convenio de Minamata, lo que compromete al país a tomar acciones respecto al manejo del mercurio basándose en los lineamientos del convenio (*Ley 9391, 2016*). Además en 1994 el país se adhirió al Convenio de Basilea sobre el “Control de Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación”, el cual contempla controles de exportación para reutilización, reciclado o eliminación final a residuos con mercurio o que estén contaminados con este y prohíbe la importación de cualquier residuo peligroso al país, ya sea para tratar internamente, almacenar o tan solo utilizar el país como paso para otros países centroamericanos (*Decreto Ejecutivo N.º 23927, 1994*).

De igual manera, Costa Rica inició un proceso de adhesión a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en el 2015. Esta organización recomienda que los países miembros deben adoptar medidas para reducir las emisiones de mercurio al ambiente causadas por el ser humano a los niveles más bajos posibles principalmente cuando se trate de descargas de mercurio de plantas industriales que utilizan o manufacturan mercurio o productos con este (*Organisation for Economic Co-operation and development [OECD], 1995*).

En materia de legislación nacional, el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales declara que los únicos métodos de disposición final para residuos peligrosos son rellenos sanitarios de seguridad, encapsulamiento, incineración o exportación a otros países. El mismo comprende en su Anexo 2 los residuos que contienen mercurio de procesos electrolíticos y catalizador gastado de cloruro de mercurio (*Decreto 27001, 1998*); por otro lado, el Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos lista los residuos con mercurio considerados como peligrosos, entre los que se mencionan lodos, baterías, lámparas fluorescentes, fenilmercurio acetato, mercurio fulminante, entre otros (*Decreto Ejecutivo N.º 37788, 2013*).

En el país existen una serie de decretos que regulan ciertos aspectos concernientes a los límites de contenido de mercurio en las lámparas fluorescentes:

- Directriz 011-MINAE
- Reglamento para la Regulación del Uso Racional de la Energía Decreto Ejecutivo N.º 25584 MINAE-H-MP
- Reglamento Técnico para la Regulación para Lámparas Fluorescentes Decreto Ejecutivo N.º 29820-MINAE-H-MEIC



En cuanto al tema de baterías, es importante resaltar que en el país no existe regulación con respecto a la fabricación, importación, exportación, comercialización y uso de pilas y tampoco están definidos límites de contenido de mercurio en estas mismas. El mismo caso se da para otros productos como switches, relés, higrómetros, termómetros, barómetros, manómetros, etc.

Otras normativas para productos con añadido de mercurio son el reglamento técnico centroamericano: “Productos cosméticos. Buenas prácticas de manufactura para los laboratorios fabricantes de productos cosméticos” para cosméticos (Reglamento (CE) N.º 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, 2009) y con respecto a las pinturas se encuentra el Reglamento para la Regulación del Contenido de Plomo y Mercurio en Pinturas (Decreto Ejecutivo N.º 24334, 1994), estas no pueden contener una concentración mayor de 0,005% de mercurio.

Como se ha hecho mención, la CCSS no ha asignado un presupuesto para la eliminación y sustitución de equipos, reactivos e instrumentos de los hospitales y clínicas; sin embargo, ha emitido directrices para el buen manejo de estos. El **Cuadro 7** resume estas directrices.

Cuadro 7. Directrices emitidas por la CCCSS acerca de la eliminación de mercurio en los hospitales

| Directriz | Descripción |
|----------------|---|
| GIT-34896-2008 | Nuevas especificaciones técnicas de esfigmomanómetros |
| GL-25921-2009 | Sustitución termómetro mercuriales |
| GL-57.318-2012 | Disposiciones institucionales para la disponibilidad de termómetros clínico rectal de mercurio y sustitución por termómetros libres de mercurio |
| - | Norma Institucional sobre el Almacenamiento, Manejo y Disposición del Mercurio en Establecimientos de Salud |

Nota: Datos aportados por Sibaja (2015).

El Reglamento Sobre la Gestión de los Desechos Infecto-Contagiosos que se Generan en Establecimientos que Presten Atención Médica a la Salud y Afines no clasifica explícitamente a la amalgama dental como un desecho infecto-contagioso; no obstante, estas disponen en los basureros para este tipo de residuos. Según la normativa anterior, los residuos de amalgama dental y probablemente otros tipos de equipos contaminados con mercurio deben recibir algún tratamiento físico, el cual no se especifica (Decreto N.º 30965-S, 2005). Es por ello que se hace necesaria la toma de conciencia sobre la correcta eliminación de estas aleaciones en las clínicas del país; ya que actualmente cada centro odontológico se hace cargo de estos residuos de la forma que este considere, hasta que en el país se desarrolle una normativa adecuada y existan alternativas racionales para la disposición de estos desechos o la implementación de un programa de reciclaje para los metales pesados contenidos en las amalgamas.

Las industrias de producción de cemento están reguladas mediante el Reglamento de Requisitos, Condiciones y Controles para la Utilización de Combustibles Alternos en los Hornos Cementeros, el cual establece que estas deben presentar un muestreo isocinético puntual y análisis de emisiones en chimenea con reportes semestrales de contaminantes, incluido el mercurio, así como la realización de análisis fisicoquímicos de combustibles alternos en carga antes de



alimentar el horno cuyo límite de mercurio es de 50 mg L⁻¹. Asimismo, para los combustibles alternos, se deberá cumplir con la suma total de cadmio y mercurio de 0,28 mg m⁻³ para emisiones atmosféricas, tanto en muestreos continuos como puntuales (Decreto N.º 31837-S, 2004).

La Ley para declarar a Costa Rica país libre de minería metálica a cielo abierto establece la prohibición de la minería a cielo abierto; sin embargo, permite la minería a escala artesanal:

El otorgamiento de estos permisos y concesiones se dará, exclusivamente, a las cooperativas de trabajadores para el desarrollo de minería en pequeña escala para subsistencia familiar, artesanal y coligalleros de las comunidades vecinas a la explotación minera, tomando como base la cantidad de afiliados a dichas cooperativas. (Decreto Ejecutivo N.º 8904, 2011)

El Código de Minería, en su artículo 103, considera las técnicas de lixiviación con cianuro y mercurio en minería como factores que deterioran el ambiente y en el Transitorio I de la ley se declara que, a un plazo de ocho años a partir de la vigencia de la reforma, se prohíbe la utilización de técnicas de lixiviación con mercurio y cianuro, de forma que se reconvierta la actividad al desarrollo de tecnologías alternativas más amigables con el ambiente y; para ello, se contará con el apoyo, asesoramiento, y asistencia técnica y financiera del Estado costarricense (Ley 8904, 2010).

Debido a la falta de plantas de tratamiento, el Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos permite, como métodos de disposición final, la exportación de los residuos según el Convenio de Basilea, la disposición en rellenos de seguridad o celdas de seguridad. A pesar de que la ley lo exige, los residuos peligrosos se descartan con los domésticos en los rellenos sanitarios a falta de celdas especiales para los residuos peligrosos. El Reglamento Sobre Rellenos Sanitarios, en su Transitorio Único, establece el procedimiento para la disposición final de residuos peligrosos en rellenos sanitarios para ordinarios, mientras no existan en el país plantas de tratamiento de residuos especiales o rellenos con celdas de seguridad (Decreto Ejecutivo N.º 37788, 2013).

El transporte de materiales y residuos peligrosos está regulado por el Reglamento para el Transporte Terrestre de Productos Peligrosos y las instituciones a cargo son el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), y el Ministerio de Salud. El reglamento indica que todo producto debe clasificarse según su clase, embalaje y división, según las “Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas” de las Naciones Unidas. El mismo prohíbe transportar por vías públicas los productos o combinaciones de fulminantes de mercurio en forma seca (Decreto Ejecutivo N.º 24715, 1995).

4. Conclusiones

A través de esta investigación se evidencia que el 70% de las fuentes que el PNUMA considera como fuentes de emisión de mercurio están presentes en Costa Rica. La mayoría de los combustibles fósiles se utilizan para el transporte, cuya combustión genera emisiones de mercurio a la atmósfera; sin embargo, se desconoce el aporte real de los combustibles fósiles utilizados en Costa Rica.



La minería artesanal con mercurio representa la actividad más riesgosa, pues su proceso es poco controlado e intervienen muchas variables durante el procesamiento. Esto hace difícil estimar la liberación de mercurio que provoca. La simple observación del proceso reveló exposición diaria de los grupos oreros por contacto y emisiones tanto al aire como al suelo y al agua. En razón de lo anterior, resulta evidente la necesidad de realizar estudios epidemiológicos para establecer un diagnóstico del impacto del mercurio en la población del cantón minero, medida que debe ser complementada con una divulgación dirigida no solo a la población que trabaja, sino a nivel educativo, sobre los riesgos asociados al manejo de este metal.

Los centros de salud involucrados con el programa de Hospitales Libres de Mercurio han realizado importantes avances de gestión basados en las mejores prácticas a nivel internacional, al ir sustituyendo paulatinamente los equipos y capacitando al personal en caso de algún derrame. En la práctica odontológica, tanto pública como privada, se utilizan amalgamas predosificadas, en mayor proporción en el sector público. No existe una solución a nivel país para gestionar los residuos que se generan por la aplicación o remoción de amalgamas dentales.

En Costa Rica no se da la manufactura de luminarias, pilas, baterías, pinturas, explosivos o equipo de medición, switches y relays con mercurio, por lo que su ingreso al país es a través de la importación. Los gestores de residuos reciben las pilas, baterías y lámparas fluorescentes una vez finalizada su vida útil, a las últimas se les realiza un tratamiento, pero todos se exportan a otro país que posea la tecnología para su reciclaje o disposición final.

Los plaguicidas, fungicidas, herbicidas y biocidas con mercurio o compuestos a base de este son los únicos productos cuya regulación prohíbe su formulación, tránsito, depósito, almacenamiento, uso agrícola, importación, fabricación, exportación y venta.

Se evidenció una ausencia de planes y estrategias nacionales relativas a la gestión de los residuos de mercurio, así como un bajo nivel de concientización, falta de opciones de almacenamiento, pretratamiento, descontaminación y disposición final que representan los desafíos más significativos que enfrenta Costa Rica, únicamente la CCSS ha emitido directrices para controlar mejor la compra y uso de equipos con mercurio.

La normativa de gestión de residuos peligrosos debe reforzarse desde los planes municipales y aumentar el porcentaje de recolección, especialmente en las regiones rurales, para evitar los medios de disposición inadecuados como vertederos, quemas clandestinas, ríos o lotes baldíos, entre otros.

Es de suma importancia analizar las alternativas de almacenamiento a nivel internacional promovidas por el PNUMA para tomar un rumbo a nivel país y definir criterios de aceptación del mercurio con respecto a lo establecido en el Convenio de Minamata, así como establecer campañas informativas con los resultados de esta investigación para iniciar una concientización de los riesgos del mercurio al ambiente y al ser humano.



5. Referencias

- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2014). Informe de resultados de evaluación de calidad de los combustibles diesel y gasolinas en planteles de RECOPE 2013. Recuperado de https://aresep.go.cr/images/documentos/ENERGIA/6.Calidad/Informe_calidad_diesel_y_gasolinas_RECOPE_2013.pdf
- Cement Sustainability Initiative. (2014). Guidelines for Co-Processing Fuels and Raw Materials in Cement. Recuperado de <http://www.wbcscement.org/index.php/publications>
- Contraloría General de la República. (2016). Auditoría Operativa: Recolección de Residuos Ordinarios. Recuperado de https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs_cgr/2016/SIGYD_D_2016002526.pdf
- Decreto Ejecutivo N.º 23927. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 13 de diciembre de 1994.
- Decreto Ejecutivo N.º 24334. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 22 de diciembre de 1994.
- Decreto Ejecutivo N.º 24715. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 6 de octubre de 1995.
- Decreto Ejecutivo N.º 25584 MINAE-H-MP. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 10 de octubre de 1996.
- Decreto Ejecutivo N.º 27769-MAg-S. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 13 de abril de 1999.
- Decreto Ejecutivo N.º 29820-MINAE-H-MEIC. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 3 de octubre del 2001.
- Decreto Ejecutivo N.º 30965-S. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 1 de julio del 2005.
- Decreto Ejecutivo N.º 31837-S. Diario Oficial La Gaceta. San José, Costa Rica, 21 de junio de 2004.
- Decreto Ejecutivo N.º 37788. Diario Oficial La Gaceta. San José, Costa Rica, 15 de febrero de 2013.
- Decreto Ejecutivo N.º 8904. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 10 de febrero del 2011.
- Dirección Sectorial de Energía. (2006). Encuesta de oferta y consumo energético nacional a partir de la biomasa en Costa Rica. Recuperado de <http://www.dse.go.cr/en/03Publicaciones/02Estadisticas/INFORME%20FINAL%20ESTUDIO%20BIOMASA%20CR%2004-02-2008.pdf>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2014). Plan de Expansión de la Generación Eléctrica periodo 2014-2035. Recuperado de http://www.ticotimes.net/wp-content/uploads/2014/07/Plan_expansion_generacion.pdf
- Instituto Costarricense de Turismo. (2013). El manejo de los residuos en Costa Rica 2013. Recuperado de http://www.visitcostarica.com/ict/pdf/jacintoMEM_web.pdf
- Jagustyn, B., Kmiec, M., Smedowski, L. & Sajdak, M. (2016). The content and emission factors of heavy metals in biomass used for energy purposes in the context of the requirements of international standards, *Journal of the Energy Institute*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joei.2016.07.007>



- Ley 8904. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 1 de diciembre del 2010.
- Ley 9391. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 21 de octubre del 2016.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2007). Producción más limpia en la minería del oro en Colombia. Recuperado de http://www.upme.gov.co/Docs/Mineria_limpia.pdf
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (1995). Risk reduction monograph No. 4: Mercury. Paris. Recuperado de [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=ocde/gd\(94\)98](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=ocde/gd(94)98)
- Pirrone, N., Cinnirella, S., Feng, X., Finkelman, R., Friedli, H., Leaner, J., ... Telmer, K., (2010). Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources. *Atmospheric Chemistry and Physics*. Recuperado de <http://www.atmos-chem-phys.net/10/5951/2010/acp-10-5951-2010.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2014). El Convenio de Minamata sobre el mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe. Recuperado de http://www.pnuma.org/sustanciasdaninas/publicaciones/informe_Minamata_LAC_ES_FINAL.pdf
- Refinería Costarricense de Petróleo. (2014). Auditorías de ARESEP y CELEQ resaltan calidad de combustibles de RECOPE. Recuperado de <https://www.recope.go.cr/auditorias-dearesep-y-celeq-resaltan-calidad-de-combustibles-de-recope/>.
- Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes. (2014). Introducción a la contaminación por mercurio para las ONG. Recuperado de http://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen_mercury_booklet-es.pdf
- Sibaja, R. (2015). Acciones institucionales: Hospitales libres de mercurio. Taller para la eliminación del mercurio en hospitales rurales: Taller dirigido por la Dirección de Gestión en Calidad Ambiental, San José.
- Soto, A. (21 de mayo del 2017). Fiebre del oro en Crucitas, la mina prohibida. *La Nación*, 4A-5A
- Sylvania. (s. f.). Fluorescent Lamp Technology. Recuperado de <https://www.sylvania.com/en-us/products/fluorescent/Pages/Fluorescent-Lamp-Technology-Overview.aspx>
- United Nations Environment Programme. (2013). Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.
- United Nations Environment Programme. (2015) Lessons from countries phasing down dental amalgam use UNEP Chemicals and Waste Branch, Geneva, Switzerland.