



Población y Salud en Mesoamérica

PSM

**Exposición a mercurio de las personas que
trabajan en la minería artesanal de oro, Costa
Rica, 2015-2016.**

Nathalie Fernández Villalobos

Cómo citar este artículo

Fernández, N. (2019). Exposición a mercurio de las personas que trabajan en la minería artesanal de oro, Costa Rica, 2015-2016. *Población y Salud en Mesoamérica*, 17(1). doi:10.15517/psm.v17i1.37789



Revista electrónica semestral
Centro Centroamericano de Población
Universidad de Costa Rica



ISSN-1659-0201
<http://ccp.ucr.ac.cr/revista/>

Exposición a mercurio de las personas que trabajan en la minería artesanal de oro, Costa Rica, 2015-2016

Exposure to mercury from people working in artisanal mining of gold, Costa Rica, 2015-2016

Nathalie Fernández Villalobos ¹

RESUMEN: Introducción: la minería artesanal de oro es una actividad económica que se realiza principalmente en países de bajos ingresos. Durante esta actividad se utiliza el mercurio para la recuperación de oro, el cual tiene diversas formas de afectación a la salud humana, especialmente por la inhalación del vapor de mercurio. **Objetivo:** describir los mecanismos de exposición al mercurio de las personas que trabajan en la minería artesanal de oro, en las Juntas de Abangares, Costa Rica, 2015-2016. **Materiales y métodos:** se aplicó un cuestionario para conocer factores de riesgo. Además, se utilizó una lista de chequeo para observar el proceso de minería artesanal de oro. Finalmente, se realizó la medición de concentraciones de mercurio atmosférico en los lugares de trabajo para conocer los límites de mercurio al que se encontraban expuestas las personas. **Resultados:** durante el proceso de quemado se libera vapor de mercurio, además, existen factores de riesgo que incrementan el riesgo de intoxicación al mercurio al no utilizar el equipo de protección personal adecuado durante la realización de la actividad minera. **Conclusiones:** las personas participantes que trabajan en minería artesanal de oro utilizan tecnología que no cuenta con los requisitos necesarios para minimizar sus riesgos, especialmente la retorta y su función de evitar el escape de mercurio.

Palabras Clave: exposición a mercurio, exposición ocupacional, minería artesanal, salud ambiental

ABSTRACT: Introduction: Artisanal gold mining is an economic activity that is done primarily in low-income countries. During this activity, mercury is used for the recovery of gold, which has various ways of affecting human health, especially by inhalation of mercury vapor. **Aim:** describe the mechanisms of exposure to mercury from people working in artisanal mining of gold, on the boards of Abangares, Costa Rica, 2015-2016. **Materials and methods:** A questionnaire was applied to learn about risk factors. In addition, a checklist was used to observe the process of artisanal gold mining. Finally, it was made the measurement of atmospheric mercury concentrations in the workplace to learn the limits of mercury to which people were exposed. **Results:** The measurements indicated that release of mercury vapor is generated during the burning process, and the personal protective equipment was not suitable during the conduct of mining activity. There are risk factors that increase the risk of mercury poisoning. **Conclusions:** the participants who work in artisanal gold mining use technology that does not have the necessary requirements to minimize their risks, especially the retort and its function to prevent the escape of mercury.

Key words: artisanal mining, environmental health, mercury exposition, occupational exposure.

Recibido: 28/10/2018 | Corregido: 10/05/2019 | Aprobado: 05/06/2019

¹ Facultad de Medicina, Escuela de Tecnologías en Salud, Universidad de Costa Rica, COSTA RICA.
nathalie.fernandez@ucr.ac.cr ORCID: 0000-0001-7560-5256



1. Introducción ¹

La minería artesanal de oro es una actividad que se realiza en el mundo, en la cual se utiliza mercurio (Hg) como una de las materias primas del proceso. Por lo que, el contacto con este elemento puede generar problemas en la salud para la población. Debido a esto, es importante visualizar los antecedentes de la minería en Costa Rica, además de contemplar las vías de exposición que conlleva dicha actividad.

La Organización Mundial de la Salud (2017) ha enfatizado que en la minería artesanal de oro se ha comprobado que las personas trabajadoras presentan altos niveles de mercurio en su organismo. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA, 2008), algunas de ellas están expuestas a niveles de mercurio 50 veces superior al límite máximo aceptable de exposición del público en general fijado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Asimismo, menciona que casi el 50% de esta población sufría temblores involuntarios, síntoma clásico de daños al sistema nervioso, inducidos por el mercurio.

La minería artesanal se lleva a cabo en 80 países, aproximadamente 100 millones de personas a nivel global se dedican a esta actividad, la cual aporta cerca del 20% del oro que se obtiene a escala mundial, que comúnmente es obtenido en naciones de bajos ingresos, especialmente en África, Asia, Oceanía, así como en América del Sur y Centroamérica (Banco Mundial, 2014).

El Hg tiene diversos efectos adversos importantes que han sido documentados sobre la salud humana y el ambiente. Este elemento, así como sus compuestos, es sumamente tóxico, especialmente, para el sistema nervioso en desarrollo, donde el nivel de toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta (PNUMA, 2002).

Por tal razón, en el año 2000, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) llamó la atención sobre la necesidad de comprender y cuantificar el comportamiento humano, en relación con la exposición a las liberaciones de mercurio. De esta acción resultó un mejor control de este elemento en el mundo, principalmente en las amalgamas dentales, en algunos usos ocupacionales y domésticos. Sin embargo, con respecto a la explotación de oro y plata se sigue utilizando las mismas técnicas de manejo en varios lugares del mundo.

La exposición al mercurio está presente en la etapa de amalgamación, donde solamente entre el 40-50% del mercurio se une al oro presente en el material, mientras que el restante queda contenido en el barro resultante de la pulverización de la roca, conocido como lamas. Asimismo, en la etapa de quemado de la amalgama puede haber liberación de mercurio al exterior de las plantas de procesamiento, ya que es un procedimiento con poca tecnología, por lo que el escape de vapor de mercurio al aire es inminente. Es importante señalar que entre el 70-80% del vapor de mercurio elemental es absorbido por los pulmones (Martín, 1990).

¹ Este artículo se basa en el contenido de la tesis titulada "Estudio exploratorio sobre la exposición al mercurio que poseen las personas trabajadoras de la minería artesanal de oro y sus familias, en una cooperativa de Las Juntas de Abangares, Guanacaste, Costa Rica, durante el periodo 2015-2016".

En 1890 nació en Costa Rica la minería industrial de extracción de oro, plata y cobre; sin embargo, en 1930 las empresas internacionales dejaron de realizar la actividad de extracción de material debido a la poca rentabilidad. Desde ese momento, en el país se empezó a desarrollar la minería artesanal, la cual se ha centralizado principalmente en el cantón de Abangares, en la provincia de Guanacaste, convirtiéndose en un estilo de vida y en fuente de ingreso económico para la población (Ruiz Barrantes, 2012).

Debido a esto, el objetivo de la investigación fue explorar la exposición y los factores de riesgo al mercurio que poseen las personas trabajadoras y sus familias durante el proceso de la minería artesanal de oro, en una cooperativa de Las Juntas de Abangares, Guanacaste, Costa Rica, durante el período 2015-2016.

2. Antecedentes teóricos

2.1 Minería artesanal de oro y sus diferentes procesos

La minería artesanal en pequeña escala se conoce como la extracción de minerales, más comúnmente de oro, realizada por personas que trabajan en explotaciones pequeñas o medianas empleando técnicas rudimentarias. La mayoría de esta población artesana utiliza el mercurio como insumo para separar el metal del mineral (PNUMA, 2008).

La minería artesanal del oro utiliza diferentes procesos, entre ellos la Organización Mundial de la Salud (2017) menciona los siguientes:

1. **Menas:** se utilizan herramientas para la extracción del material o menas dentro de las minas.
2. **Transporte:** después de extraído el material, este es transportado a los lugares de procesamiento.
3. **Quebrador:** en algunos casos se cuenta con un quebrador para triturar la mena cuando es gruesa y dura.
4. **Molinos:** la función del molino es polvORIZAR la mena, para facilitar su procesamiento.
5. **Rastras:** cuando el material es fino, se coloca en las rastras, en las cuales ocurre la amalgamación.
6. **Amalgamación:** se agrega el mercurio a las rastras, el cual se amalgama con el oro por sus propiedades químicas.
7. **Cribación:** también conocido como concentración gravimétrica, el oro se concentra con las partículas más pesadas en la batea, donde el agua se lleva las partículas más livianas.
8. **Quemado:** cuando se tiene la amalgama de mercurio y oro, para eliminar el mercurio del metal, este se calienta.
9. **Lamas:** dentro de las rastras se produce un producto residual conocido como lamas, compuestas por agua, mercurio y oro fino que no se amalgamó.

2.2 Condiciones en que se desarrolla la actividad

En Costa Rica, el oro ha sido el recurso metálico de mayor importancia con la identificación de vetas auríferas en Abangares entre 1884-1925 (Muñoz Castillo, 1997). La actividad se realiza en Abangares, pese a que algunas personas que laboran en este sector productivo no han podido cumplir en su totalidad con los requerimientos que establece el Código de Minería N°6797. Según el Código de Minería aprobado por la Asamblea Legislativa de Costa Rica (1982) con las reformas del 2010, las principales necesidades para entrar en el marco de la legalidad son las siguientes:

- Organizarse en cooperativas dedicadas a la minería en pequeña escala para la subsistencia familiar.
- Obtener una concesión de explotación de terreno, con la cual se le otorga a quien la solicite, un derecho real limitado para explotar o extraer los minerales de determinada zona, transformarlos, procesarlos y disponer de ellos con fines industriales y comerciales.
- Contar con un permiso de exploración, que permite la búsqueda de materiales en general por un plazo de tres años, este puede ser prorrogado por una única vez.
- Realizar un Estudio de Impacto Ambiental del proyecto a desarrollar que debe ser aprobado por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), organismo de desconcentración máxima adscrito al Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE).

Para comprender la magnitud de la actividad minera en Abangares, según una investigación por parte de Ruiz Barrantes (2012)

en la actualidad hay al menos unos 700 oreros trabajando como coligalleros, la actividad involucra a todos los miembros de la familia [...] el sector minero artesanal está conformado por hombres, mujeres y algunos menores de edad incluyendo niños hasta de once años de edad (p. 4).

A partir de lo anterior, se entiende la representatividad que tiene este sector productivo en la zona al involucrar distintos grupos etarios; dentro de las condiciones laborales de la actividad actual se presentan algunos factores que pueden influir de forma negativa sobre la población como los siguientes:

Jornada laboral: las horas de trabajo son un factor primordial, de tal manera que la salud puede ser consecuencia de una combinación de factores.

Lugar de trabajo: sobre este aspecto, Castillo Rodríguez (2009) manifestó que Laborar en una mina a más de cuatrocientos pies de profundidad solía ser sumamente peligroso, en el sentido que, mientras más profunda era una galería o un túnel, con más frecuencia se dilataba el aire [...]. El trabajo en los túneles, a parte de la aglomeración y el hacinamiento de trabajadores, producto de la migración constante, estimulaba otro tipo de enfermedades, tal como la uncinariasis o anquilostomiasis, popularmente conocida como “anemia de los mineros”, además de la temida neumoconiosis o silicosis, acreditada como la “tisis minera”, con frecuencia asociada a la tuberculosis (p. 121).

Temperatura: “cuando el mercurio se encuentra presente a temperaturas sobre los 68°F (20°C) puede incrementar su evaporación y por lo tanto incrementa la exposición de respirar vapores” (Blando, 2004, p.6).



Equipo de protección personal: otro indicador importante, hallado por Muñoz Vallejo, García Ardila y Rodríguez Gázquez (2012), explica que el escaso uso de medidas de protección contra la exposición a mercurio, como al uso de mascarillas y guantes, los cuales son recomendable utilizar cuando la persona maneja el mercurio o la amalgama con el fin de evitar la absorción por vía aérea y por piel; son los que probocan el aumento de las enfermedades.

2.3 Riesgo asociado con la exposición por el uso de mercurio en la minería artesanal de oro

En el tema de mercurio, existe una gama de conceptos necesarios para dimensionar la problemática, sobre todo para comprender el riesgo que existe alrededor del manejo de este elemento. Se consideran conceptos claves la exposición, riesgo, susceptibilidad y efectos.

En la minería existen dos procesos en los cuales se utiliza mercurio. El primero es la colocación del mercurio dentro de las rastras. En esta etapa, el mercurio puede tener algún contacto con la piel de los trabajadores, considerándose como el primer punto crítico. El segundo punto crítico más importante es la etapa de quemado, ya que al exponer el mercurio a altas temperaturas este se evapora y puede ingresar por la vía respiratoria al organismo de las personas que trabajen en esta etapa.

2.3.1 Exposición ambiental

La exposición se entiende como la situación de contacto efectivo con la sustancia, teniendo en cuenta la concentración y tiempo de exposición o tiempo de vida media de un compuesto químico o un organismo dentro de un sistema definido (The Caribbean Environment Programme, 2014).

Según datos del Departamento de Salud de New Jersey, los límites de exposición laboral establecidos por distintas normativas internacionales hacen referencia al mercurio en el aire, de los cuales se puede mencionar The Occupational Safety and Health Administration (OSHA), donde el PEL (permissible exposure limit) es de 0.1 mg/m^3 como promedio durante una jornada laboral de 8 horas (Blando, 2004).

Además, según las hojas de seguridad de este elemento, se pueden establecer varias vías de exposición, como menciona el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo Español (2001) y el New Jersey Department of Health (2009), tales como las siguientes:

Inhalación: esta es la vía de mayor riesgo ocupacional, ya que los vapores del mercurio ingresan al sistema por medio del sistema respiratorio.

Piel: una de las propiedades del mercurio es su potencial de ser absorbido, por lo que, al tener contacto directo con la piel, este puede ingresar al sistema por el tejido.

Ojos: a nivel ocupacional cuando no se utiliza ningún tipo de equipo de protección personal y se tiene contacto con mercurio puede afectar a los ojos.

Ingestión: la ingestión de este elemento es muy común cuando no se utilizan las medidas adecuadas en los centros laborales, por lo que, al consumir alimentos, beber o fumar durante las jornadas laborales, sin tener un adecuado lavado de manos, este compuesto puede ingresar al tracto digestivo.



2.3.2 Riesgo y susceptibilidad

El riesgo determina la probabilidad de que una sustancia, elemento o compuesto peligroso produzca un daño; por lo tanto, el riesgo implica el peligro a la exposición (The Caribbean Environment Programme, 2014), mientras que la susceptibilidad se relaciona con el riesgo de contraer una enfermedad asociado a una condición inherente al individuo, tales como edad, sexo, nutrición y otros factores biológicos de cada ser humano (Montero, Morera, Ramírez, Sanabria y Suárez, 2008).

La exposición a mercurio es un riesgo para la salud, donde los grupos más susceptibles con respecto a esta exposición son:

Edad: de acuerdo con León Pérez y Peñuela Mesa (2011, p. 108) “los niños y gestantes particularmente son más vulnerables al mercurio. Se han demostrado efectos como el deterioro del desarrollo del sistema nervioso central, así como daño pulmonar y renal, entre otros”.

Mujeres embarazadas y desarrollo de fetos: los altos niveles de mercurio incrementan las tasas de aborto espontáneo, aborto natural, óbito fetal y problemas al nacer en el bebé, estos estudios no son concluyentes, pero sugieren un efecto potencial (Blando, 2004).

Lactancia: la exposición a mercurio se relaciona también con el número de gestas de lactancia, lo cual podría estar relacionado a la edad (Gaxiola Robles et al., 2013).

Antecedentes médicos: personas con enfermedades de riñón, hígado, pulmón o del sistema nervioso presentan un mayor riesgo de problemas adversos en la salud por la exposición al mercurio (Blando, 2004).

Hábito de fumar: el fumar puede causar enfermedades cardíacas, cáncer de pulmón, enfisema, otros problemas respiratorios y puede agravar las afecciones respiratorias causadas por la exposición química (New Jersey Department of Health, 2009).

Alimentación: una dieta rica en pescado, especialmente una de peces marítimos depredadores, también podría aumentar el nivel sanguíneo de mercurio (Gaxiola Robles et al., 2013). Salazar Camacho, Salas Moreno, Marrugo Madrid, Marrugo Negrete y Díez (2017) encontraron que el consumo de pescado es significativamente un indicador de niveles mercurio en el cabello.

2.3.3 Efectos en la salud

Un efecto sobre la salud es el daño que un peligro ambiental puede ocasionar en una sola persona, donde la epidemiología efectúa métodos diagnósticos tradicionales para determinar estos efectos en las poblaciones (Yassi, 2002).

Debido a las propiedades de este metal se pueden ver afectados varios sistemas del organismo, según investigaciones realizadas por Poulin y Gibb (2008) entre ellos se tienen los siguientes:

El sistema nervioso: este es el más vulnerable a la exposición al mercurio. Se han descrito diversos trastornos neurológicos y conductuales como temblores, eretismo (caracterizado por una anormal irritabilidad o reactividad a la estimulación), entre otros.



Renal: los riñones son otros de los principales órganos sensibles a la toxicidad de los vapores de mercurio, aunque los efectos se observan con concentraciones más altas que en el caso de los problemas neurológicos.

Sistema cardiovascular: “en los casos de exposición aguda a altas concentraciones de mercurio se ha observado elevación de la presión arterial, palpitaciones y aumento de la frecuencia cardiaca” (Poulin y Gibb, 2008, p. 5).

Cutáneo: en la piel se han observado erupciones, habones y dermatitis tras el contacto profesional o accidental con compuestos de mercurio inorgánicos.

Sistema respiratorio: la exposición aguda a vapores de mercurio en altas concentraciones causa trastornos respiratorios tales como tos, disnea y opresión o sensación urente en el pecho.

Sistema reproductivo: Carvalho Henriques, Loureiro, Fardilha y Herdeiro (2019) encontraron que el mercurio impacta negativamente la reproducción humana, afectando el sistema reproductivo y endocrino tanto en hombres como mujeres. Según New Jersey Department of Health, (2009), existen indicios limitados de que el mercurio podría causar un aumento en los abortos espontáneos y en los trastornos menstruales de las mujeres expuestas, al igual que podría afectar la fertilidad masculina y daño al feto en desarrollo en animales.

3. Metodología

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Se realizó un estudio observacional de la actividad minera de forma natural, sin ninguna intervención por parte de la investigadora. Además, un estudio exploratorio para analizar las condiciones de la población minera artesanal y su interacción con el mercurio, utilizando variables de análisis relacionadas con la exposición y la susceptibilidad de las personas trabajadoras.

3.2 Unidad de análisis

En el cantón de Abangares se localizan aproximadamente 700 familias que laboran en la minería artesanal de oro. De esas, se pudo trabajar con 17 familias, dentro de las cuales 18 personas estaban relacionadas con la actividad minera. Para la primera etapa de recolección de datos por medio de cuestionarios participaron 18 personas y para la etapa de toma de muestras ambientales participaron dos personas. Es importante mencionar que todas las familias se encontraban asociadas en una misma cooperativa del cantón y firmaron el consentimiento informado para su participación. Debido al reducido número de población accesible que se encuentra asociada a la cooperativa, se trabajó con todas las personas que accedieron a participar de la investigación de las 40 asociadas a la cooperativa.



3.3 Técnicas de Recolección de Datos

La susceptibilidad y la percepción de riesgo se midieron por medio de un cuestionario, en el que se incluyeron las variables a analizar; a saber: perfil sociodemográfico, condición de salud, mecanismos de exposición al mercurio, susceptibilidad al mercurio y la percepción de riesgo. Para la confección del cuestionario final, se utilizaron como base los siguientes cuestionarios: Notas Técnicas de Prevención (NTP) 120, Cuestionario médico específico para mercurio (Marqués Marqués y Solé Gómez 1989) y NTP 229 Mercurio inorgánico y metálico: protocolo de vigilancia médica (Marqués Marqués y Solé Gómez 1989). Para la percepción de riesgo se utilizó el procedimiento de Evaluación Dimensional del Riesgo Percibido (EDRP-T) (Portell Vidal y Solé Gómez, 2001).

También se utilizó el Cuestionario de Evaluación de Salud, desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (Veiga y Baker, 2004). Además, se adaptó, para mercurio y actividad minera, el cuestionario epidemiológico realizado por Villegas González (2014) para la investigación "Análisis del riesgo de enfermar asociado a la exposición de arsénico en sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano", el cual fue validado para el uso de arsénico y en donde se contemplaron variables socioeconómicas y de salud que se consideró importante replicar en la presente investigación.

Se aplicó una prueba piloto con 10 familias que no formaban parte de la cooperativa con la que se trabajó; con la ayuda de esta validación se modificaron algunas preguntas para mejorar el entendimiento por parte de los participantes.

Se utilizó una lista de chequeo para la observación de los procedimientos que se realizan en la minería artesanal de oro, con la cual obtener información contrastar los datos con las normas de seguridad establecidas en las hojas de seguridad del mercurio.

Con respecto a la medición de concentraciones de mercurio atmosférico por medio del muestreo personal, se utilizó el equipo Dräger, el cual fue adquirido por medio del proyecto "Manejo Integral del Recurso Hidráulico en la Cuenca del Río Abangares para la utilización prioritaria en consumo humano" del Centro de Investigación y Estudios para el Desarrollo Sostenible (CIEDES) y respaldado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, con el fin de conocer si se sobrepasan los límites de exposición permitidos PEL de 0.1 mg/m^3 (como vapor de mercurio), establecido por la normativa del Occupational Safety and Health Administration (OSHA). El equipo de medición contó con la certificación de calidad del proveedor y se capacitó a las personas encargadas de tomar las muestras en el campo.

La duración de la medición fue de 1 minuto, según lo establecido por la Norma Europea 689 (la cual es una guía para muestreo en procesos de trabajo con modelos homogéneos), con un 25% del tiempo que puede durar la exposición (Comité Europeo de Normalisation Electrotechnique [CENELEC], 1995). Se presentó cambio de coloración de amarillo-gris a naranja pálido en presencia de vapor de mercurio entre valores de $0,05$ a 2 mg/m^3 ; siendo el valor válido medido únicamente para el sitio y hora donde se realiza la medición. Además, el reactivo del equipo posee alta sensibilidad a la presencia de halógenos, lo cual se descarta por la no utilización de elementos como el flúor, cloro, bromo, yodo y ástato en el procesamiento del oro.



Se realizaron veinte muestras divididas de la siguiente manera: diez muestras en el quemado, cuatro muestras en la fundición y seis muestras en las rastras, las cuales quedaron registradas en la hoja de campo diseñada para anotar todas las variables que interfieren en la medición. La muestra se tomó en el puesto laboral de las personas trabajadoras a la altura de las vías respiratorias y en horas de la mañana a temperaturas entre los 27-31°C.

3.4 Definición de los procedimientos y las técnicas de análisis.

Para el análisis descriptivo de los datos se utilizó el programa Excel, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) y STATA IC 14, al igual que para tabulación y medidas de tendencia central, lo cual facilitó la interpretación y presentación de resultados.

Los datos observados en los centros de trabajo fueron tabulados y contrastados con los recabados en los cuestionarios, para relacionar los datos de susceptibilidad y percepción, expresados en tablas de frecuencia y gráficos con los resultados finales.

Con respecto a los resultados de las muestras ambientales, estos fueron relacionados con los parámetros establecidos y para analizar si existe exposición al mercurio, se aplicó la ecuación de evaluación de la exposición laboral, según la jornada laboral. Además, se calculó la concentración de la exposición diaria de la jornada laboral de acuerdo con la Norma Europea (CENELEC, 1995), mediante la fórmula:

$$ED = \frac{c_1t_1+c_2t_2+\dots+c_nt_n}{t_1+t_2+\dots+t_n} \times \frac{T}{8} \quad (1)$$

Donde;
 ED= es exposición diaria
 C= es concentración
 T= es tiempo

Para calcular la concentración de vapor mercurio se utilizó la siguiente escala (Ver Tabla 1).

Tabla 1.
 Concentraciones de Hg según carreras.

Carreras	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	40
Concentración (mg/m3)	2	1	0,7	0,5	0,33	0,25	0,2	0,17	0,14	0,12	0,11	0,1	0.005

Fuente: Dräger Safety AG & Co., 2011.

Esta escala se realiza según la decoloración naranja pálido que se alcanza en la línea de marca de nivel indicación del tubo, según número de carreras realizadas.



Posteriormente, se debió multiplicar el valor de la concentración por el factor de corrección F, aplicando la siguiente fórmula:

$$F = \frac{1013}{\text{presión del aire real (hPa)}} \quad (2)$$

Se contó con la aprobación del Comité Ético Científico de la Universidad de Costa Rica y todos los participantes dieron su consentimiento libre e informado, respetando el principio de autonomía, confidencialidad y no maleficencia.

3. Resultados

4.1 Mecanismos de exposición al mercurio

En la aplicación del cuestionario participaron 18 personas, sin embargo, en aspectos de salud se tomaron como referencia 17 personas para evitar la duplicidad de datos, debido a que había dos personas que conformaban el mismo grupo familiar. En la Tabla 2 se muestra la frecuencia absoluta y porcentual de las variables estudiadas durante la investigación.

Tabla 2.

Variables de exposición medidas en la población de estudio, 2015

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Escolaridad		
Escuela incompleta	2	11.11
Escuela completa	12	66.67
Colegio incompleto	3	16.67
Universitaria	1	5.56
Ocupación		
Minero	16	188.89
Minero y agricultor	1	5.56

Continúa en la siguiente página...



Minero y comerciante	1	5.56
Tipo de Seguro		
Privado	13	72.22
CCSS	2	11.11
Sin seguro	3	16.67
Utilización de retorta		
Sí	16	88.89
No se conoce	2	11.11
Uso de equipo personal		
Botas y casco	7	38.89
Botas, guantes y casco	8	44.44
Solo botas	1	5.56
Botas, guantes y mascarilla	1	5.56
Completo	1	5.56
Uso de mercurio		
Sí	18	100
Lavado de ropa		
Casa	18	100
Consumo de alimentos en trabajo		
Sí	13	72.22
No	5	27.78
Lavado de manos antes de comer		
Sí	18	100

Fuente: Elaboración propia.



De los participantes, 12 (66.67%) cuentan con primaria completa, tres de ellos (16.67%) no completaron el colegio, dos personas (11.11%) cuentan con escuela incompleta y una persona (5.56%) con carrera universitaria. Un total de 16 participantes (88.89%) se dedican exclusivamente a la minería artesanal y dos personas (11.11%) tienen otras ocupaciones.

Todas las personas participantes utilizan mercurio en sus actividades diarias de minería. La cantidad de mercurio utilizada en el procesamiento de material es de un promedio de 564 gramos (± 210 gramos), donde el mínimo es de aproximadamente 250 gramos y el máximo es de 1000 gramos. Además, se reporta un promedio de recuperación de 519 gramos (± 158 gramos), con un mínimo de 245 gramos y un máximo de 875 gramos.

4.1.1 Mediciones ambientales

Las mediciones ambientales se llevaron a cabo en tres puestos de trabajo, en donde se tiene contacto con mercurio; a saber: rastras, quemado y fundición. Se utilizó el equipo Dräger para detectar la presencia de vapor de mercurio en cada una de esas etapas.

Las mediciones realizadas durante las jornadas de trabajo indicaron que, durante el proceso de quemado de aproximadamente dos horas de duración, se genera una exposición de 1 mg/m³ de mercurio durante su realización, como se muestra en la Tabla 3. El equipo utilizado no reportó exposición de mercurio en los demás procesos de la actividad minera.

Tabla 3.

Mediciones ambientales de vapor de mercurio en puestos de trabajo de la población de estudio, 2015

Tarea mg/m ³	Exposición	Tiempo (h)
Rastra	0	8
Quemado	1	2
Fundición	0	1
Jornada Laboral (h)		11

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Se puede observar en la Tabla 3 que la jornada laboral diaria aproximada durante la actividad minera es de 11 horas, para la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

$$ED = \frac{0 * 8 + 1 * 2 + 0 * 1}{11} \times \frac{11}{8}$$



$$ED = \frac{0 + 2 + 0}{11} \times \frac{11}{8}$$

$$ED = 0,25 \text{ mg/m}^3$$

$$F = \frac{1013}{1013} = 1$$

Si se retoma el PEL establecido por OSHA, para una jornada de 8 horas deberíamos tener valores menores o iguales a 0.1 mg/m^3 de vapor de mercurio. A partir de las condiciones en que se efectuaron las mediciones, al presentar 1 mg/m^3 de vapor de mercurio en el quemado, se genera una exposición de $0,25 \text{ mg/m}^3$, la cual excede el límite permitido por OSHA. Es importante mencionar que durante este proceso se utilizó la retorta.

4.1.2 Susceptibilidad al mercurio

La susceptibilidad es una condición inherente de cada individuo, la cual depende de la edad, sexo, nutrición y otros factores biológicos. En la investigación la susceptibilidad al mercurio se midió por medio del cuestionario aplicado a las personas que trabajan en la minería artesanal de oro.

En la Tabla 4 se muestran las variables que se seleccionaron para medir la susceptibilidad en la población de estudio, donde se muestra la frecuencia absoluta y porcentual.

Tabla 4.

Variables de susceptibilidad que posee la población de estudio, 2015

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Edad*	39	(29-52)
Sexo		
Femenino	2	11.11
Masculino	16	88.89
Consumo de alcohol		
Sí	9	50
No	9	50
Tabaquismo		
No	18	100

Continúa en la siguiente página...



Consumo de pescado

Sí	18	100
----	----	-----

*Promedio (mínimo-máximo)

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Con la cooperativa que se trabajó no se encontró trabajo infantil, principalmente porque las personas encuestadas argumentaron que no dejaban trabajar a menores de edad, por lo que no se puede concluir la susceptibilidad de esta población ni la de las mujeres lactantes o embarazadas.

La información de enfermedades y sintomatología por grupo familiar cuenta con datos de 17 personas, ya que se dos personas pertenecían al mismo grupo familiar y se duplicaba la información al ser un cuestionario familiar.

En la Tabla 5 se muestran las enfermedades diagnosticadas a las personas participantes.

Tabla 5.

Variables de enfermedades diagnosticadas a los participantes, 2015

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Enfermedad del riñón		
Sí	2	11.76
No	15	88.24
Enfermedad del corazón		
Sí	2	11.76
No	15	88.24
Ataque al corazón		
Sí	1	5.88
No	16	94.12
Bronquitis crónica		
Sí	2	11.76
No	15	88.24

Continúa en la siguiente página...



Aborto espontáneo en familia		
Sí	3	17.65
No	14	82.35

Fuente: Elaboración propia, 2015.

En la Tabla 6 se muestra la sintomatología común en casos de intoxicación aguda o crónica por vapores de mercurio, sin embargo, no se realizaron diagnósticos para corroborar dicha información ya que los datos fueron obtenidos por medio de encuestas. Es importante mencionar que dentro de los síntomas por exposición crónica a bajos niveles de mercurio se tienen: "gingivoestomatitis, fotofobia, temblores y síntomas neuropsiquiátricos como fatiga, insomnio, anorexia, timidez, abstinencia, depresión, nerviosismo, irritabilidad y problemas de memoria" (Organización Mundial de la Salud citado en Organización Mundial de la Salud, 2017, p.7).

Tabla 6.

Variables de síntomas autoreportados por las personas participantes, 2015

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Diarrea		
Sí	2	11.76
No	15	88.24
Hemorragias		
Sí	1	5.88
No	16	94.12
Temblores		
Sí	1	5.88
No	16	94.12
Sangrado en encías		
Sí	2	11.76
No	15	88.24

Continúa en la siguiente página...



Pérdida de memoria		
Sí	1	5.88
No	16	94.12
Problemas de equilibrio		
Sí	2	11.76
No	15	88.24
Dolor de cabeza		
Sí	3	17.65
No	14	82.35
Coloración rosada de manos		
Sí	2	11.76
No	15	88.24

Fuente: Elaboración propia, 2015.

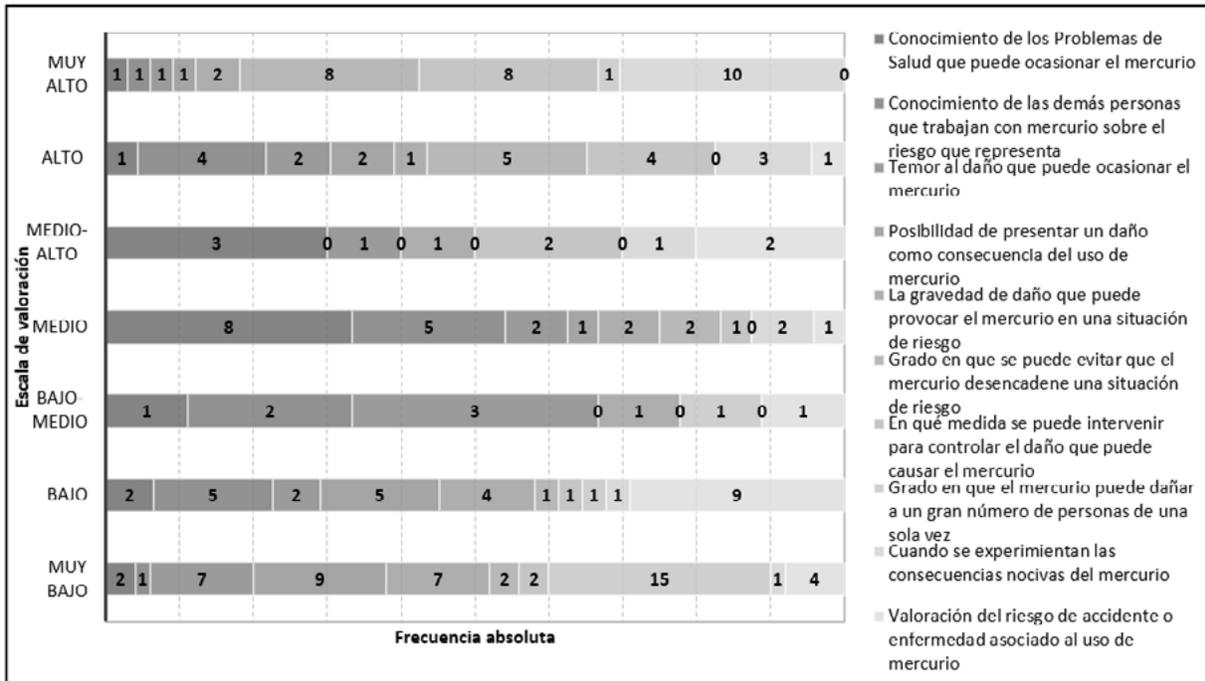
4.1.3 Percepción de riesgo

La información acerca de la percepción de riesgo se obtuvo por medio de la Evaluación Dimensional del Riesgo Percibido (EDRP-T). En la Figura 1 se muestra la valoración de riesgo que manifestaron las personas que participaron en la investigación, tomando en cuenta el total de 18 personas. Cada aspecto es evaluado según la escala de valoración de muy baja a muy alta, es decir, muy baja o muy alta la percepción de riesgo.



Figura 1.

Percepción de riesgo de la población participante según Evaluación Dimensional del Riesgo Percibido, 2015



Fuente: Elaboración propia, 2015.

En la figura anterior, se puede observar que en la valoración de muy alto se ubican principalmente las percepciones de experimentar consecuencias nocivas del mercurio a muy largo plazo, de poder intervenir en un grado muy alto para controlar el daño que puede causar el mercurio y de que la gravedad del daño que puede provocar el mercurio en una situación de riesgo es muy alta.

Además, se puede observar que para la valoración muy bajo, se indicó que el grado en que el mercurio puede dañar a un gran número de personas de una sola vez es muy bajo, además que la gravedad de daño que puede provocar el mercurio en una situación de riesgo es muy baja y que la posibilidad de presentar un daño como consecuencia del uso de mercurio es muy baja. Para la valoración baja, se señaló que el riesgo de accidente o enfermedad asociado al uso de mercurio es bajo.

Para la valoración media, las personas participantes consideran que el conocimiento que poseen de los problemas de salud que puede ocasionar el mercurio es medio y que el conocimiento de las demás personas que trabajan con mercurio sobre el riesgo que representa también es medio.



5. Discusión

5.1 Mecanismos de exposición al mercurio

Las personas que se dedican a la minería poseen baja escolaridad lo cual genera pocas oportunidades laborales de otro tipo, de forma que se recurre a la actividad minera como un medio para obtener los recursos económicos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas y en muchos casos como única fuente de ingreso para su familia.

Abangares presentó para el censo 2011 un rezago social asociado al analfabetismo (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2011). Esto indica que el cantón presenta menores oportunidades productivas, situación que se refleja en los resultados encontrados, ya que las personas que se dedican a la minería en su mayoría no cuentan con estudios universitarios ni con otras fuentes de trabajo, de manera que se disminuyen las oportunidades de vida y, por ende, el aumento de los riesgos a la salud.

Dentro de las razones de exposición en personas que trabajan en la minería de oro artesanal con mercurio, el PNUMA (2008, p.6) establece que

La vía que más debe preocupar a los mineros es la inhalación del vapor de mercurio que se libera durante la quema de las amalgamas. Cuando la amalgamación se realiza manualmente, parte del mercurio se absorbe directamente a través de la piel. Generalmente la amalgamación y el quemado se hacen sin tomar medidas de protección (como el uso de retortas o guantes), y a menudo en presencia de los niños o incluso en el hogar.

Pavilonis, Grassman, Johnson, Diaz y Caravanos (2017) han documentado que las personas que calientan la amalgama de mercurio en sus casas no utilizan el equipo de protección personal. En la investigación se comprobó que no en todos los casos se utilizan guantes durante la manipulación del mercurio, lo cual aumenta la vulnerabilidad de las personas que trabajan en esta actividad. Debido a esto, el uso de equipo de protección personal es necesario para disminuir la exposición a los vapores de mercurio.

Castillo Rodríguez (2009), señala además que los trabajos en la mina se consideran muy peligrosos principalmente por la mala ventilación, inestabilidad de los túneles y por accidentes laborales. Lo anterior se refleja en las condiciones actuales de la minería en el cantón de Abangares, principalmente por los vacíos legales con respecto a la concesión del subsuelo, lo cual ha provocado condiciones riesgosas para las personas que se dedican a esta actividad.

Para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2008) existen además otros factores que intervienen en la exposición al vapor de mercurio, ya que este se puede depositar también en los hogares, sobre las superficies de preparación de la comida, caer en el suelo y en las masas de agua locales; es importante considerar que el vapor de mercurio también se adhiere a la ropa de los mineros y de esa manera llega a sus hogares.

Los resultados encontrados evidenciaron que la población realiza conductas riesgosas durante la actividad minera, como por ejemplo el consumo de alimentos y bebidas durante sus jornadas laborales, a pesar de que argumenten un correcto lavado de manos antes de consumir cualquier



alimento o bebida. Además, la población de estudio realiza el lavado de la ropa de trabajo en sus casas, por lo que pueden transportar el mercurio inconscientemente hasta sus hogares, lo cual implica riesgo para el resto de la familia.

5.1.1 Mediciones ambientales

La actividad minera artesanal posee una exposición diaria a $0,25 \text{ mg/m}^3$ de vapor de mercurio en una jornada laboral promedio de 11 horas, principalmente por la exposición de este elemento durante el quemado de la amalgama. Si se compara este resultado con el PEL de la OSHA de 0.1 mg/m^3 se tiene una exposición de 2.5 veces lo permitido. Esto muestra que los procedimientos que se llevan a cabo en la actualidad no están conteniendo el vapor de mercurio, pese a que se utiliza la retorta. La retorta utilizada actualmente no es eficaz y debe mejorarse con el objetivo de evitar el escape de vapor. De igual forma, implementar el uso del EPP como mascarillas, cabinas de contención, entre otras.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2002) indica que la minería de oro artesanal y en pequeña escala es la mayor fuente de liberación intencional de mercurio del mundo, de manera que los trabajadores se someten a una grave exposición, se libera mercurio en el medio ambiente y se crean riesgos para los habitantes de las comunidades cercanas. En la presente investigación, existe exposición de vapor de mercurio en el quemado de la amalgama. Lo anterior, ha sido corroborado en otro estudio por Black, Richard, Rossin y Telmer (2017) donde aseguraron que la exposición a mercurio durante el proceso de quemado de la amalgama es muy alto.

Se ha documentado que las retortas pueden capturar el vapor de mercurio y evitar de esa forma que se libere en la atmósfera, por lo que se disminuyen los riesgos para la salud de los mineros, sus familias y sus comunidades (PNUMA, 2012). Sin embargo, en la presente investigación se comprobó que la utilización de la retorta durante el proceso de quemado de la amalgama no está reteniendo el vapor de mercurio ni ayuda a condensarlo, por lo que no se está reciclando el mercurio ni reduciendo el peligro de exposición.

5.2 Susceptibilidad al mercurio

Un factor importante es el consumo de pescado y mariscos, ya que la población estudiada frecuentemente consume estos alimentos, los cuales podrían aumentar el nivel sanguíneo de mercurio (Gaxiola Robles et al., 2013).

Con respecto al tabaco, la población estudiada no posee este hábito, por lo que se ven disminuidos los problemas respiratorios asociados a la exposición química (New Jersey Department of Health, 2009).

Según la sintomatología presentada por la población de estudio, la cual fue identificada por cuestionarios y no por diagnósticos médicos, se relaciona con algunos de los síntomas comunes de la intoxicación por mercurio como lo son las diarreas, entumecimiento en algunas partes del cuerpo, dolores de cabeza, dermatitis, coloración rosada de las manos, problemas de equilibrio y sangrado en las encías. Estos síndromes neurológicos y efectos en la piel han sido planteados autores como Ramírez (2008) y Gutiérrez Ruíz, Bucio y Souza (1997).

A pesar de los padecimientos que presenta esta población, se encontró que la misma no cuenta con garantías laborales y muchas de las personas no tienen acceso a los servicios básicos de salud, sin importar su afiliación en cooperativas.



La absorción del mercurio ocurre principalmente por la vía respiratoria, según el estudio realizado por Gutiérrez Ruíz, Bucio y Souza (1997), los vapores de mercurio se absorben a través de las membranas alveolares desde donde pasan al torrente sanguíneo. La permeabilidad del mercurio elemental en los lípidos es más alta que la de la forma ionizada y, en consecuencia, el Hg puede atravesar las barreras hemato-encefálica y placentaria.

Respecto a las complicaciones reproductivas, se encontró que tres familias entrevistadas han presentado problemas con abortos espontáneos, lo cual podría asociarse al comportamiento del mercurio en el sistema humano; sin embargo, se requiere más investigación al respecto sobre todo por la falta de evidencia científica alrededor de la temática.

Otro resultado del estudio realizado por Gutiérrez Ruíz et al. (1997) señala que el mercurio se acumula principalmente en el riñón, en donde puede estar en forma soluble o unido a otras proteínas. En la investigación se encontraron dos casos de personas con enfermedad del riñón, lo cual podría estar relacionado a la exposición a mercurio; sin embargo, no se tiene evidencia para asumir causalidad. Esta patología hace más susceptible a las personas que están expuestas al mercurio y pueden presentar mayores problemas de salud (Blando, 2004). Para conocer si existe intoxicación crónica ocupacional al mercurio es necesario realizar el diagnóstico de mercurialismo ocupacional, para el cual se debe considerar antecedentes de trabajo y lugar de procedencia, los factores determinantes de toxicidad, el estado físico y tipo de compuesto mercurial y la vía de ingreso. Como en toda enfermedad ocupacional, un diagnóstico preciso debe establecer relación causa-efecto (Ramírez, 2008), por lo que en la presente investigación no se puede llegar a determinar esta condición.

5.3 Percepción de riesgo

La minería artesanal de oro se ha realizado empíricamente por décadas, lo que ha generado que las personas que tienen más tiempo trabajando en ella consideren que es una actividad de bajo riesgo y sin ninguna implicación en la salud. Esto ha provocado, consecuentemente, que las personas más jóvenes tengan la misma perspectiva de la actividad. Lo anterior, confirma que muchas personas no tienen el conocimiento necesario sobre el mercurio, sus consecuencias, daños y accidentes ni sobre las enfermedades que puede generar.

Es responsabilidad de instituciones como la Dirección de Geología y Minas, la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, el Ministerio de Salud, la Municipalidad de Abangares, el Ministerio de Trabajo y el Instituto Nacional de Seguros regular la actividad minera artesanal y velar por las condiciones de seguridad de las personas mineras. No obstante, debido a la ilegalidad que existe en torno a la actividad no se destinan recursos para capacitaciones ni campañas informativas. Sana, De Brouwer y Hien (2017) resaltan el poco conocimiento que poseen las personas mineras de los impactos en la salud y en el ambiente que puede provocar la minería artesanal de oro. De la misma manera, Kwaansa Ansah, Armah y Opoku (2019) encontraron que las poblaciones dedicadas a la minería artesanal de oro no piensan en los riesgos que poseen al usar mercurio dentro de sus operaciones.

Con respecto al uso de medidas de protección, este se relaciona significativamente con la percepción de protección que brindan los equipos de protección personal (Muñoz, García y Rodríguez, 2012), lo cual confirma que existe desconocimiento por parte de la población acerca de los problemas de salud que puede ocasionar el mercurio y el riesgo que implica su utilización, lo cual influye en su percepción de riesgo.



Dentro de los hallazgos de la investigación, las personas que trabajan en la minería de oro artesanal no tienen completo conocimiento acerca de las implicaciones que conlleva la utilización de mercurio ni las consecuencias de su uso a largo plazo. Según los resultados de Camacho et al. (2016), la percepción de riesgo de la toxicidad del mercurio es muy baja en la comunidad, principalmente si la minería es la única actividad económica.

6. Conclusiones

La actividad minera ha estado presente en el cantón de Abangares desde la llegada de las compañías mineras, por lo que después del abandono de estos centros de trabajo se ha considerado la minería artesanal como una fuente de ingresos para las familias de la zona, incluso ha llegado a ser su única fuente de ingreso.

Las personas que se dedican a la minería poseen baja escolaridad, lo cual genera pocas oportunidades laborales y convierte a la actividad minera en un medio para obtener los recursos económicos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas.

La minería artesanal de oro, al no contar en muchos casos con todos los requisitos de ley, trabaja bajo la ilegalidad, por lo que resulta difícil la existencia de convenios entre las cooperativas y otras instituciones públicas como el Instituto Nacional de Seguros y la Caja Costarricense del Seguro Social. Esto provoca que muchas de las personas que trabajan en la actividad no cuenten con las garantías mínimas de seguridad ni salud. Además, las condiciones de seguridad de las minas se ven influenciadas por la posesión del subsuelo, ya que, al no contar con las concesiones de las minas, estos lugares de extracción de material se han convertido en sitios inseguros para las personas, donde instituciones públicas como el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y el Ministerio de Salud no han podido dar una solución integral a la problemática.

La tecnología utilizada por algunas de las personas que trabajan en minería artesanal de oro no cuenta con los requisitos necesarios para minimizar los riesgos, especialmente, la retorta y su función de evitar el escape de mercurio. Esto debido a que se confirmó la exposición de mercurio en el proceso de quemado pese al uso de la retorta, la cual es 2.5 veces mayor al permitido según OSHA.

No se pudo conocer el origen ni calidad del mercurio que se utiliza en la minería artesanal de oro de Abangares, lo cual dificulta conocer el mercado existente en el país y si el mercurio presenta aleación o combinación con otros materiales.

Algunas de las limitaciones que se presentaron en la investigación se debieron a tres aspectos. Primero por el equipo utilizado: no se contó con la tecnología para identificar bajas dosis de mercurio atmosférico presente en las áreas de trabajo, lo cual afecta las conclusiones de la investigación. Segundo, se contó con muy poca participación de personas que trabajan en la minería, lo cual influyó las mediciones atmosféricas, de manera que se realizaron únicamente 20 muestras. Tercero, el ambiente político y social alrededor de la ilegalidad de la minería tuvo efectos negativos en la investigación, principalmente por la falta de participación y poca colaboración de las personas debido a la desconfianza que existe en el tema.

Se requiere mayor investigación sobre la relación causal entre la exposición a mercurio y los efectos en la salud de la población, las cuales incluyen el diagnóstico de los síntomas y mediciones biológicas



de mercurio en sangre, cabello, uñas y orina. De igual forma se recomienda realizar investigaciones que indiquen la presencia de mercurio en agua, suelo y en especies marinas para monitorear si la actividad minera posee implicaciones en el ambiente.

Es importante evidenciar que las mejoras en las condiciones laborales y de salud de las personas que trabajan en la minería artesanal de oro puede generar una producción más limpia y el mejoramiento continuo de la actividad, lo cual se puede lograr por medio del control y uso racional de la materia prima, y sobre todo eliminar el uso de sustancias peligrosas. Estas medidas traerán beneficios económicos para las personas y para el cantón, gracias a mejores condiciones ambientales y de vida.

7. Recomendaciones

Las instituciones estatales y empresas públicas y privadas deben proponer mejores oportunidades laborales en Abangares con el fin de ofrecer otras alternativas para el desarrollo humano del cantón y mejorar las condiciones de vida de la población minera, ya que, sin esta alternativa, la minería artesanal de oro será la opción más buscada por la población. Además, es importante que exista articulación entre todas las instituciones públicas y privadas involucradas en el tema de la minería para encontrar una solución integral ante la problemática de ilegalidad y conflictos en la zona.

Es necesaria la capacitación sobre técnicas y materiales alternativos que se pueden utilizar en la minería artesanal en la zona, ya que es una actividad que se realiza indiscriminadamente sin importar su legalidad. Se debe considerar la educación técnica como forma de mejorar las condiciones de la actividad, principalmente para avanzar en la eliminación del uso de mercurio.

Es importante que la población minera conozca los riesgos que conlleva trabajar con mercurio, principalmente el riesgo que representa para su familia, para la niñez y para mujeres embarazadas, además, conocer cuáles actividades pueden aumentar los efectos adversos del mercurio en la salud.

8. Referencias

- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (1982). Código de Minería Ley N° 6797. San José, Costa Rica
- Banco Mundial. (2014). *The World Bank*. Recuperado de <http://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/brief/artisanal-and-small-scale-mining>
- Black, P., Richard, M., Rossin, R. y Telmer, K. (2017). Assessing occupational mercury exposures and behaviours of artisanal and small-scale gold miners in Burkina Faso using passive mercury vapour badges. *Environmental Research*, 152(1), 462-469.
- Blando, J. (2004). *Controlling Metallic Mercury Exposure in the Workplace: A guide for Employers*. New Jersey, Estados Unidos: New Jersey Department of Health and Senior Services
- Camacho, A., Van Brussel, E., Carrizales, L., Flores Ramírez, R., Verduzco, B., Huerta, S., ... y Díaz Barriga, F. (2016). Mercury Mining in Mexico: I. Community Engagement to Improve Health Outcomes from Artisanal Mining. *Annals of Global Health*, 82(1), 149-155.
- Carvalho Henriques, M., Loureiro, S., Fardilha, M. y Herdeiro, M. (2019). Exposure to mercury and human reproductive health: A systematic review. *Reproductive Toxicology*, 85(1), 93-103.



- Castillo Rodríguez, A. (2009). *La guerra del oro: Tierra y minería en Abangares 1890-1930*. San José: Editorial UCR.
- Comité Européen de Normalisation Electrotechnique. (1995). *Atmósferas en el lugar de trabajo: Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición*. Bruselas, Bélgica: Autor
- Dräger Safety AG & Co (2011). *Vapor de mercurio 0,1/b (CH 23 101) Tubo de control Dräger®*. Alemania: Autor
- Gaxiola Robles, R., Zenteno Savín, T., Labrada Martagón, V., Celis de la Rosa, A. D., Acosta Vargas, B. y Méndez Rodríguez, L. C. (2013). Concentraciones de mercurio en leche de mujeres del noroeste de México; posible asociación a la dieta, tabaco y otros factores maternos. *Nutrición Hospitalaria*, 28 (3), 934- 942.
- Gutiérrez Ruíz, M.C., Bucio, L. y Souza, V. (1997). Mercurio. En *Introducción a la Toxicología Ambiental* (pp. 197-210). México: Organización Mundial de la Salud.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2011). *Censo Nacional 2011*. Costa Rica. Recuperado de <http://www.inec.go.cr/censos/censos-2011>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo Español. (2001). *Fichas Internacionales de Seguridad Química: Mercurio*. Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0056.pdf>
- Kwaansa Ansah, E., Armah, E. y Opoku, F. (2019). Assessment of Total Mercury in Hair, Urine and Fingernails of Small – Scale Gold Miners in the Amansie West District, Ghana. *Journal of Health & Pollution*, 9(21), 1-9.
- León Pérez, D. E. y Peñuela Mesa, G. A. (2011). Trascendencia del metilmercurio en el ambiente, la alimentación y la salud humana. *Producción + Limpia*, 6(2),108-116.
- Marqués Marqués, F. y Solé Gómez, M. D. (1989). *NTP 229: Mercurio inorgánico y metálico: protocolo de vigilancia médica*. Barcelona, España: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.
- Martín, K. (1990). *Fundamentos de epidemiología*. Medellín, Colombia: Ediciones Díaz de Santos.
- Montero, G., Morera, H., Ramírez, A., Sanabria, L. y Suárez, M. (2008). Percepción de vulnerabilidad y severidad de la enfermedad del dengue en la comunidad de Metrópolis II de Pavas, San José, Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 17(32), 1-9.
- Muñoz Castillo, R. C. (1997). *Recursos minerales de Costa Rica: génesis, distribución y potencial*. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Muñoz Vallejo, L., García Ardila, L. y Rodríguez Gázquez, M. (2012). Percepción sobre daños a la salud y utilidad de medidas de protección de personas expuestas ocupacionalmente al mercurio en la minería del oro. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(1), 53-61.
- New Jersey Department of Health. (2009). *Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas*. Trenton, Estados Unidos: Autor.



- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Riesgos para la salud relacionados con el trabajo y el medioambiente asociados a la extracción de oro artesanal o a pequeña escala*. Ginebra, Suiza: Autor.
- Pavilonis, B., Grassman, J., Johnson, G. Diaz, Y. y Caravanos, J. (2017). Characterization and risk of exposure to elements from artisanal gold mining operations in the Bolivian Andes. *Environmental Research*, 154(1), 1-9.
- Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente. (2002). *Evaluación Mundial Sobre el Mercurio*. Ginebra, Suiza: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente. (2008). *El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*. Recuperado de https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente. (2012). *Guía Práctica: Reducción del uso de mercurio en la minería de oro artesanal y de pequeña escala*. Ginebra, Suiza: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente. (2008). *El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*. Recuperado de https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf
- Portell Vidal, M. y Solé Gómez, M. D. (2001). NTP 578: *Riesgo percibido: un procedimiento de evaluación*. Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Poulin, J. y Gibb, H. (2008). Mercurio: *Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local*. Ginebra, Suiza: Prüss-Üstün A.
- Ramírez, A. (2008). Mercury occupational poisoning. *American College of Occupational and Environmental Medicine. An Fac med.*, 69(1),46-51.
- Ruiz Barrantes, S. (2012). *El Diagnóstico de la Minería Artesanal Aurífera en el cantón de Abangares*. Guanacaste, Costa Rica: MINAE.
- Salazar Camacho, C., Salas Moreno, M., Marrugo Madrid, S., Marrugo Negrete, J. y Díez, S. (2017). Dietary human exposure to mercury in two artisanal small-scale gold mining communities of northwestern Colombia. *Environment International*, 107(1), 47-54.
- Sana, A., De Brouwer, C. y Hien, H. (2017). Knowledge and perceptions of health and environmental risks related to artisanal gold mining by the artisanal miners in Burkina Faso: a cross-sectional survey. *Pan African Medical Journal*, 27(280), 1-14.
- The Caribbean Environment Programme. (2014). *Guía para la gestión ambiental responsable de los plaguicidas químicos de uso agrícola en Colombia*. Recuperado de <http://cep.unep.org/repcar/capacitacion-y-concienciacion/andi/publicaciones-andi/Guia%20ambiental%20plaguicidas.pdf>
- Veiga, M.M. y Baker, R.F. (2004). *Global Mercury Project: Protocols for environmental and health assessment of mercury released by artisanal and small-scale gold miners*. Viena, Austria: FMAM/PNUD/ONUDI.



Villegas González, N. (2014). *Análisis del riesgo de enfermar asociado a la exposición de arsénico en sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano* (Tesis de licenciatura inédita). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Yassi, A, K. T. (2002). *Salud ambiental básica*. D.F, México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Organización Mundial de la Salud, Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

9. Agradecimientos

Se le agradece a los asesores del trabajo final de graduación de la Universidad de Costa Rica, al Centro de Investigación en Desarrollo Sostenible (CIEDES) y a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por el apoyo económico y logístico, a la Municipalidad de Abangares por toda su colaboración y finalmente a la población minera de Abangares, pues sin su colaboración no habría sido posible esta investigación.



Población y Salud en Mesoamérica

PSM

¿Desea publicar en PSM?
Ingrese **aquí**

O escribanos: revista@ccp.ucr.ac.cr



Población y Salud en Mesoamérica (PSM) es la revista electrónica que cambió el paradigma en el área de las publicaciones científicas electrónicas de la UCR. Logros tales como haber sido la primera en obtener sello editorial como revista electrónica la posicionan como una de las más visionarias.

Revista PSM es la letra delta mayúscula, el cambio y el futuro

Indexada en los catálogos más prestigiosos.
Para conocer la lista completa de índices, ingrese **aquí**



[Revista Población y Salud en Mesoamérica](#)

Centro Centroamericano de Población
Universidad de Costa Rica

