

Riesgos ambientales y de salud por mercurio en Minería Aurífera Artesanal Pequeña Escala, Abangares, Costa Rica

Raquel Emilia Porras Marín¹, Antonio Porras Mora², Johnny Ureña Picado³ & Lourdes Arce Espinoza⁴

1. Maestría en Manejo de Recursos Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Las Juntas de Abangares, Guanacaste, Costa Rica; raquel.recm@gmail.com
2. Máster en Salud Pública con Énfasis en Epidemiología, Las Juntas de Abangares, Guanacaste, Costa Rica; antoniorpmora@yahoo.es
3. Máster en Desarrollo Sostenible con énfasis en Conservación de los Recursos Biológicos, Carmona de Nandayure, Guanacaste, Costa Rica; jhurena@gmail.com
4. Máster en Epidemiología Aplicada a los Sistemas de Salud y Máster en Salud Ocupacional con Énfasis en Higiene Ambiental. Universidad Estatal a Distancia. Sabanilla de Montes de Oca, San José, Costa Rica; lance@uned.ac.cr

ABSTRACT

Introduction: Objective: Analyze handling, storage and disposal of mercury during gold extraction process in Small-Scale Artisanal Gold Mining mill sites, to determine environment and the miners health risks. **Methods:** in June 2021, 10 mill sites were observed using checklists, and 15 coligalleros were interviewed, a guide to analyze risks to health and the environment was used based on “*Methodology for risks and dangers evaluation in gold mining*”. **Results:** According to Decree 37225-MINAET 59.26% of the mill sites compliance with physical-sanitary conditions, 87% of the coligalleros indicated that they have not received training on mercury management. Environment and miners health hazards due to exposure to mercury were observed in all mill sites. Environmental risk were classified between low and moderate, most important ones occur during grinding process because mercury is handled in mill sites that do not have ventilation system with localized extraction installation (chapel), and because mercury is stored in places where temperature is not regulated to be below mercury vaporization point (20 °C). Health risks for the coligalleros were classified between low, moderate and medium, most important risks occur when storing or handling mercury in mill sites without using personal protective equipment such as appropriate respiratory masks. **Conclusion:** Mercury use in Small-Scale Artisanal Gold Mining produces environmental and miners health risks, being grinding the stage process with the greatest exposure. However, the miners (coligalleros) are unaware of preventing and mitigating measures when handling, storing and disposing mercury in mill sites. Consequently, State advice and support is required to implement technologies that allow mercury reconvert and mercury amount reduction, in accordance with Minamata Convention.

Key words: gold mining, subsistence, amalgam, damage, contamination, coligallero and mill sites.

RESUMEN

Introducción: Objetivo: Analizar la manipulación, almacenamiento y disposición del mercurio durante el proceso de extracción de oro en patios de rastras producto de Minería Aurífera Artesanal Pequeña Escala, para la determinación de riesgos que afectan al ambiente y a la salud de los coligalleros. **Métodos:** en junio 2021 se observó 10 patios de rastras utilizando listas de chequeo, y se entrevistó a 15 coligalleros, se utilizó una guía de análisis de riesgos a la salud y al ambiente con base en la “*Metodología de evaluación de riesgos y peligros en la actividad aurífera*” del Documento Técnico PERU/MINSA/OGE-01/012. **Resultados:** El grado de cumplimiento promedio de condiciones físico-sanitarias en patios de rastras es 59,26%, conforme al Decreto 37225-MINAET, y el 87% de los coligalleros indican no haber recibido capacitación sobre el manejo del mercurio. En todos los patios de rastras se observaron peligros para el ambiente y la salud de los coligalleros

ante exposición al mercurio. Los riesgos al ambiente están entre bajos y moderados, los más importantes se dan durante el proceso de molienda debido a que se manipula mercurio en patios de rastras que no tienen un sistema de ventilación con instalación de extracción localizada (capilla), y se almacena mercurio en lugares donde no se regula que la temperatura sea inferior al punto de vaporización (20 °C). Los riesgos a la salud del coligallero están entre bajos, moderados y medios, los más importantes se dan al almacenar o manipular mercurio en patios de rastras sin utilizar equipo de protección personal como mascarillas respiratorias apropiadas. Conclusión: El uso del mercurio en la Minería Aurífera Artesanal Pequeña Escala produce riesgos al ambiente y a la salud de los coligalleros, donde se cumple la hipótesis que la etapa del proceso de mayor exposición es la molienda. Asimismo, se cumple la hipótesis de que los coligalleros desconocen las medidas de prevención y de mitigación de los peligros al manipular, almacenar y disponer el mercurio en patios de rastras. En consecuencia, se requiere asesoría y acompañamiento Estatal, para implementar tecnologías que permitan reconvertir y reducir la cantidad de mercurio utilizado, conforme al Convenio de Minamata.

Palabras clave: mina, subsistencia, amalgama, daño, contaminación, coligallero y patio de rastras.

INTRODUCCIÓN

La Minería Aurífera Artesanal a Pequeña Escala (MAAPE) en Costa Rica se ha concentrado históricamente en el cantón de Abangares (Castillo 2006, como se citó en Municipalidad de Abangares 2012). La explotación se desarrolla en las zonas altas, que tienen una formación geológica integrada por rocas volcánicas rellenas con cuarzo que acumulan el oro (Castillo 2006, Municipalidad de Abangares 2012, Solano 2014, Cordy et al. 2017, Fernández 2017, Fernández et al. 2017, Fernández 2019). La MAAPE aparte de ser una fuente de empleo de subsistencia familiar, genera ingresos al cantón, el cual tiene altos índices de pobreza y desempleo (Castillo 2006, Inypsa & Ministerio de Hacienda 2011, Municipalidad de Abangares 2012, Solano 2014, Cordy et al. 2017, Fernández 2017, Fernández 2019).

Mediante la Ley 8904 se declara a Abangares como zona de reserva minera y limita el otorgamiento de concesiones de explotación de MAAPE a cooperativas constituidas por coligalleros locales (Asamblea Legislativa República Costa Rica 2011, Solano 2014, Cordy et al. 2017, Fernández 2017, Fernández et al. 2017). El cantón cuenta con seis cooperativas Coopeoro R.L., Oro Sólido R.L., Unión Coop R.L., Coope Bonanza, Coope Abangares y Coope Huatilar (Solano 2014, Cordy et al. 2017, Fernández 2017, Fernández et al. 2017, Organizaciones Mineras Cooperativas de Abangares 2020).

Según la ley, la MAAPE tendría el soporte, asistencia, asesoría e incentivos técnicos, legales y financieros de varias instituciones del Estado, para modificar los métodos de extracción de oro que utilizan mercurio (Asamblea Legislativa República Costa Rica 2011, Cordy et al. 2017, Fernández 2017). Además, en acatamiento a la Sentencia 2015-3557 de la Sala Constitucional, se reglamentan los protocolos para la manipulación, almacenamiento y disposición del mercurio en la MAAPE, con el Decreto 37225-MINAET (Asamblea Legislativa República Costa Rica 2011, Asamblea Legislativa República Costa Rica (b) 2012, Cordy et al. 2017, Constitucional de la Corte Suprema de Justicia 2018). Además de esto, en el 2016 Costa Rica asumió un compromiso al ser Parte y ratificar el Convenio de Minamata (Asamblea Legislativa República Costa Rica 2016, Asamblea Legislativa República Costa Rica 2017). No obstante, el distanciamiento de las instituciones responsables de asesorar a las cooperativas provoca que la MAAPE se desarrolle bajo la informalidad y los coligalleros laboren con garantías y condiciones ínfimas de salud y seguridad (Castillo 2006, Solano 2014, Cordy et al. 2017, Fernández 2017, Fernández et al. 2017, Fernández 2019).

Además, investigaciones previas evidencian riesgos al ambiente y la salud por exposición al químico, por escaso uso de equipo de protección personal y por la no implementación de tecnologías más modernas que ayuden a reducir para reducir la cantidad de mercurio utilizada (Español 2012, Goycochea 2001, Castillo 2006, MINAM

2010, Solano 2014, Cordy et al. 2017, Fernández 2017, Fernández et al. 2017, Fernández 2019). Por consiguiente, la investigación buscó determinar escenarios de riesgos a la salud y al ambiente ante la presencia de contactos peligrosos al manipular, almacenar y disponer el mercurio en el proceso de extracción de oro en la MAAPE en rastras del cantón de Abangares, por ende, la investigación aporta conocimiento a los coligalleros y al Gobierno, como insumo ante una posible evaluación y administración de los riesgos a la salud y al ambiente analizados (Goycochea 2001, MINAM 2010).

En este trabajo se analizó la hipótesis de que los coligalleros desconocen las medidas de prevención y de mitigación de los peligros al manipular, almacenar y disponer el mercurio en patios de rastras de MAAPE. También se analizó la hipótesis de que en los patios de rastras la etapa del proceso de mayor exposición a peligros que generan riesgos a la salud del coligallero y al ambiente es la molienda.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los distritos Las Juntas, La Sierra y San Juan del cantón de Abangares, de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. El grupo de estudio estuvo conformado por 15 coligalleros y por 10 patios de rastras, ubicados dos en el distrito de San Juan, cuatro en el distrito de La Sierra y cuatro en el distrito de Las Juntas. Se utilizó el software Qgis versión 3.16 para la elaboración de la cartografía (Figura 1). La investigación es de tipo descriptiva y con enfoque mixto, cuantitativo y cualitativo.

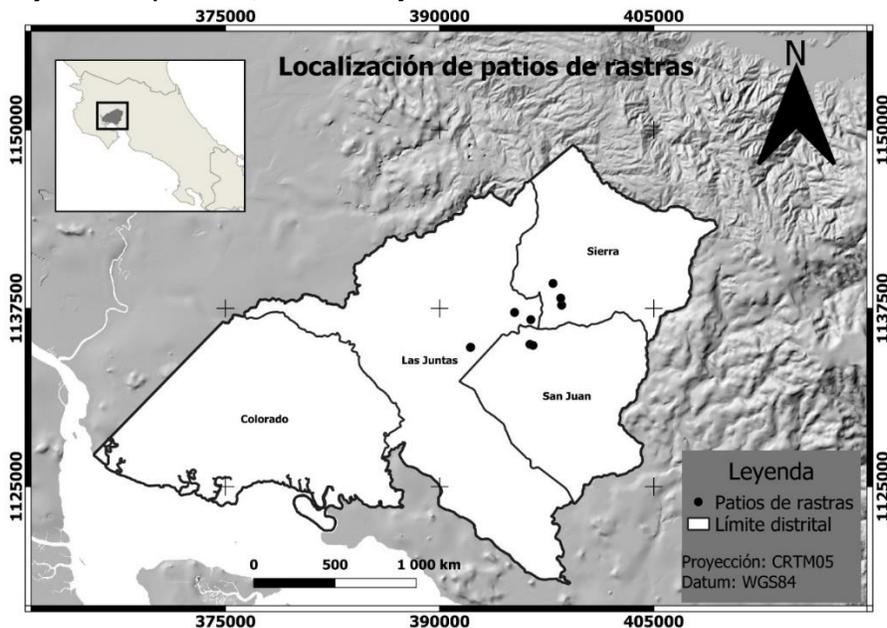


Fig. 1 Mapa localización de patios de rastras, Abangares, Guanacaste

Las observaciones a los patios de rastras se realizaron del 05 al 12 de junio del año 2021, y las entrevistas a coligalleros del 05 al 26 de junio del año 2021. El tiempo estimado de observación para cada patio de rastras fue de una hora, y para entrevistar a un coligallero el tiempo estimado fue media hora. Los coligalleros entrevistados dieron el consentimiento de participar. Todos laboraban para una cooperativa orientada a la MAAPE y de subsistencia familiar y residen en Abangares. Además, se cuenta con la autorización de los propietarios de los patios de rastra observados. En todos ellos se usa mercurio para amalgamar el oro del material proveniente de las minas del cantón.

Se observaron las condiciones físico-sanitarias de los patios de rastras para evaluar: 1) el grado de cumplimiento del Decreto 37225-MINAET, y 2) los peligros a la salud de los coligalleros y al ambiente cuando el mercurio es manipulado y almacenado, y cuando se dispone el mercurio residual una vez extraído el oro. Se utilizó una lista de chequeo basada en el Anexo 2 del Decreto N° 37225-MINAET y en la ficha de seguridad del mercurio.

Además, la lista se complementó con la “*Metodología de evaluación de riesgos y peligros en la actividad aurífera*” del Documento Técnico PERU/MINSA/OGE–01/012 (Goycochea, 2001). Con la guía de un cuestionario se entrevistaron a los coligalleros que se encontraban en los patios de rastras. El cuestionario fue confeccionado con un procedimiento de validación de instrumentos, y se complementó con el Anexo 2 del Decreto N° 37225-MINAET y el Documento Técnico PERU/MINSA/OGE–01/012.

El cuestionario tenía 23 preguntas, ocho orientadas a identificar el nivel de escolaridad y socioeconómico del entrevistado, cinco para identificar la percepción y capacitación que tiene el coligallero sobre el manejo del mercurio, y cuatro para conocer las medidas de prevención que usan. Con los datos recolectados en campo, se utilizó la “*Metodología de evaluación de riesgos y peligros en la actividad aurífera*” del Documento Técnico PERU/MINSA/OGE–01/012, para determinar los escenarios de riesgos. Por ende, se realizó 1) un inventario de peligros, 2) se identificaron peligros, 3) se clasificó la gravedad y la probabilidad de ocurrencia de los peligros identificados y, 4) se determinaron los escenarios, para análisis de riesgos. Para el inventario se cuantificó la presencia de peligros cuando los coligalleros manipulan, almacenan y disponen el mercurio en los patios de rastras y los incumplimientos de las condiciones físico-sanitarias.

Para la identificación de peligros se completó la guía de análisis de riesgos: 1) con MAAPE como objeto de riesgo, 2) con manipulación, almacenamiento y disposición del mercurio como las operaciones, 3) con los peligros inventariados 4) con coligalleros y ambiente como los objetos amenazados (receptores), 5) el tipo de riesgo según la ficha de seguridad y 6) las consecuencias de afectación según el tipo de peligro y receptor. La gravedad para la salud y para el ambiente de los peligrosos identificados se analizaron de manera independiente, en ambos casos se utilizó una escala de 1 a 5 siendo 1 el menos grave. La probabilidad de ocurrencia de los riesgos también se determinó cualitativamente con una escala de 1 a 5, siendo 1 el menos probable. El escenario de riesgo para cada peligro identificado se estableció al multiplicar la probabilidad por la gravedad de la consecuencia. Se estimaron por separado los riesgos para el ambiente y para la salud. Los valores obtenidos variaron entre 1 a 25, se consideró entre 1 a 5 riesgo bajo, entre 6 a 10 riesgo moderado, entre 11 a 15 riesgo medio, entre 16 a 20 riesgo alto, y entre 21 a 25 riesgo muy alto.

RESULTADOS

El grado de cumplimiento promedio de las condiciones físico-sanitarias observadas, conforme al Decreto 37225-MINAET y a la ficha de seguridad del mercurio, fue de 59,26% (n=10 patios de rastras, mínimo 52.63% y máximo 67.86%). Ninguno de los patios de rastras cumple con el manejo de la documentación para controlar, prevenir y mitigar los peligros en el uso del mercurio. Al no contar con la ficha de seguridad del mercurio, no cuentan con el programa de manejo de residuos, el subprograma para manejo de residuos peligrosos. Tampoco cumplen con registros en la bitácora ni control de ingreso, consumo y recuperación del mercurio y de lamas producidas. Las instrucciones para prevenir y atender un accidente o emergencia por contacto, fuga o derrame de mercurio no están disponibles en los patios de rastras.

Según lo observado todos los patios de rastras manipulan mercurio, el 30% almacenan el mercurio dentro de las instalaciones y ninguno desecha mercurio, es decir, que todos lo reutilizan. En todos los patios de rastra se realizan etapas de molienda y lavado, solo en 8 patios de rastra hacen la etapa de filtrado, en siete la de quemado y únicamente en cinco patios de rastras hacen el purificado. Se inventariaron e identificaron los peligros, riesgos y consecuencias al manipular, almacenar y disponer mercurio en el proceso de extracción de oro en patios de rastras de Abangares producto de MAAPE, objeto amenazado ambiente (Cuadro 1), y objeto amenazado salud del coligallero (Cuadro 2). En todos los patios de rastras se observaron peligros por exposición dérmica, ingesta e inhalación por ausencia de equipo de protección personal. Los peligros de exposición se presentaron cuando los coligalleros manipulaban o almacenaban el mercurio, durante las etapas del proceso de extracción de oro observadas (molienda, lavado, filtrado, quemado y purificado).

Producto de la entrevista se encontró que el 100% de los coligalleros (n=15) desconocen las medidas de prevención y de mitigación ante los peligros de manipular, almacenar y disponer el mercurio en patios de rastras de MAAPE. El 86,67% indican que no han recibido asesoría de instituciones públicas u otros organismos sobre el manejo del mercurio, y el 100% están dispuestos a recibir acompañamiento y asesoría.

Se identificó que en el 100% de los patios de rastras se presentan peligros al ambiente (agua, suelo y aire), y se expone la salud del coligallero a peligros por el mercurio. Lo anterior, producto del inventario e identificación de los incumplimientos de condiciones físico-sanitarias de los patios de rastras (Cuadro 1) y de la exposición a contactos dérmicos, por ingesta e inhalación con mercurio (Cuadro 2).

En el análisis de tipo de riesgo se consideraron los accidentes, afectaciones o daños en los receptores, como la muerte o las enfermedades para los seres vivos, o como la contaminación para el ambiente, ante el uso del mercurio en la MAAPE. Las consecuencias de los peligros para cada receptor, se obtuvieron de la literatura (Figuras 2, 3 y 4) y se corroboró con la información de la hoja de seguridad del producto químico.

Se determinaron los escenarios de riesgo y se clasificó la gravedad de los peligros para el ambiente (Cuadro 3) y para la salud del coligallero (Cuadro 4).

Se consideraron las definiciones de tipos de contaminación de acuerdo a la normativa nacional, donde tanto para contaminación del aire, suelo o agua, corresponde a la inclusión de energía o materia orgánica e inorgánica, por procesos naturales o antropológicos; que alteran negativamente características biológicas, químicas, físicas (Asamblea Legislativa República Costa Rica (a) 2012, Asamblea Legislativa República Costa Rica 2014).

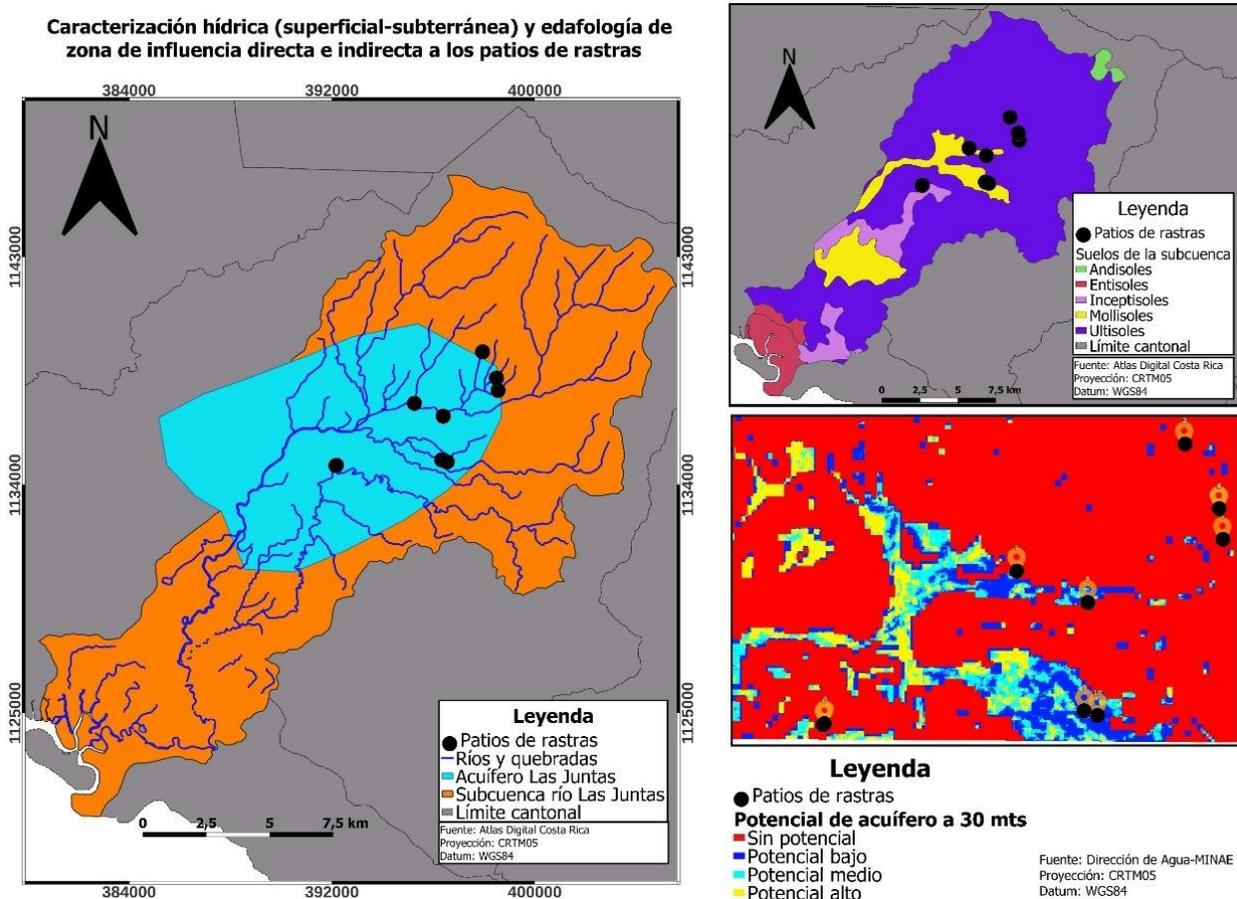


Fig. 2 Mapa de caracterización hídrica y edafología, localización de patios de rastras, Abangares, Guanacaste

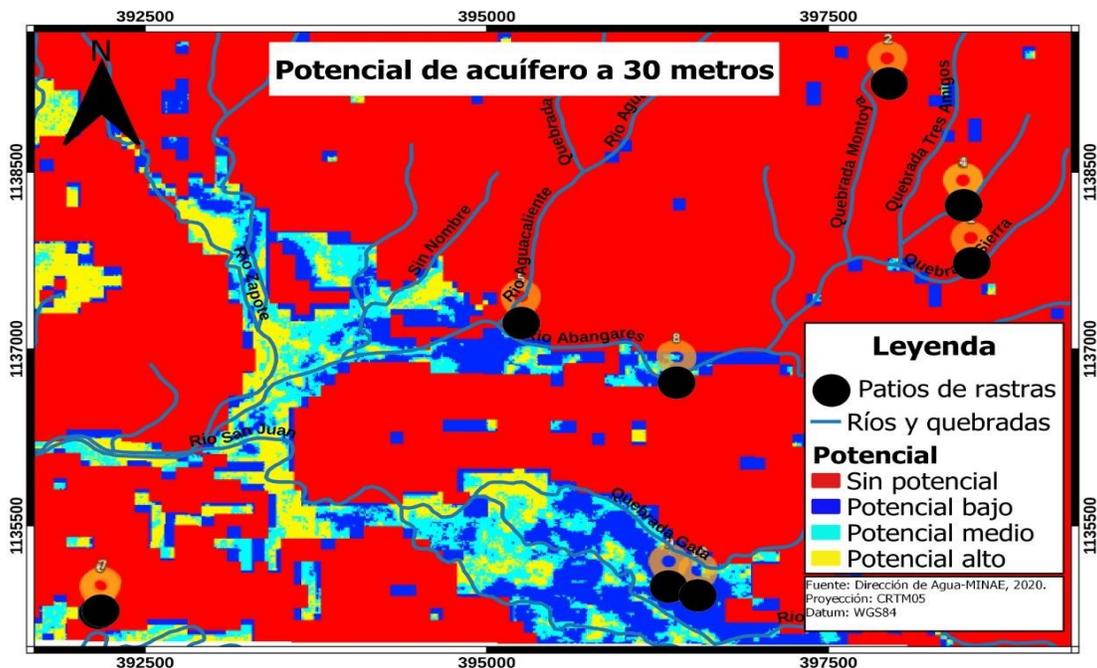


Fig. 3 Mapa de potencial de acuíferos a 30 m, localización de patios de rastras, Abangares, Guanacaste

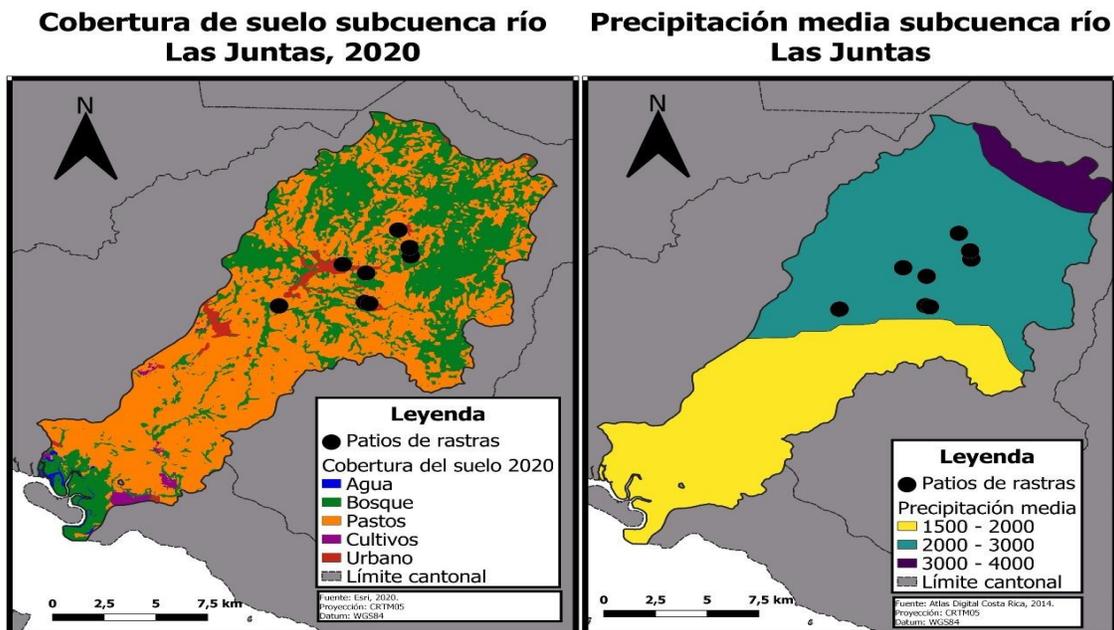


Fig. 4 Mapa cobertura de suelo y precipitación media, localización de patios de rastras, Abangares, Guanacaste

CUADRO 1

Inventario e identificación de los peligros al manipular, almacenar y disponer mercurio en el proceso de extracción de oro en patios de rastras de Abangares, MAAPE, objeto amenazado ambiente

Operaciones	Peligro	Tipo de Riesgo	Consecuencias
Manipulación de mercurio	Patios de rastras sin un sistema de ventilación con instalación de extracción localizada (capilla)	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, por la vaporización del mercurio u óxidos del mismo
Manipulación de mercurio	Patios de rastras purifican la amalgama al aire libre en circuito abierto	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, puede provocar vaporización del mercurio u óxidos del mismo
Manipulación y almacenamiento de mercurio	Patios de rastras sin instrucciones para prevenir y atender un accidente o emergencia por contacto, fuga o derrame de mercurio	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, suelo, agua; derrame de grandes cantidades de mercurio o material contaminado con este elemento, pueden provocar filtración, vertido de mercurio en fuentes de agua, alcantarillas, subsuelo, vaporización; en medios acuáticos por microorganismos puede formar compuestos altamente tóxicos, bioacumulación
Manipulación de mercurio	En el patio de rastras no se tiene disponible equipo para recolección y material apropiado para neutralizar derrames	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, suelo, agua; derrame de grandes cantidades de mercurio o material contaminado con este elemento, pueden provocar filtración, vertido de mercurio en fuentes de agua, alcantarillas, subsuelo, vaporización; en medios acuáticos por microorganismos puede formar compuestos altamente tóxicos, bioacumulación
Almacenamiento de mercurio	Se almacena el mercurio en un lugar distante del área de procesamiento de material de mina	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, suelo, agua
Almacenamiento de mercurio	Patios de rastras que almacenan mercurio sin rotulación de prevención de almacenamiento de sustancias peligrosas	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, suelo, agua
Referencia: Achá, Banefice, Gibon, Guimaraes, Molina & Sánchez 2010, Arana 2009, Fernández 2019, García, Sánchez & Tovar 2005, Goycochea 2001, p.40, MINAM 2010, Monteagudo 2001, UNA 2016			

CUADRO 1 (continuación)

Inventario e identificación de los peligros al manipular, almacenar y disponer mercurio en el proceso de extracción de oro en patios de rastras de Abangares, MAAPE, objeto amenazado ambiente

Operaciones	Peligro	Tipo de Riesgo	Consecuencias
Almacenamiento de mercurio	Patios de rastras con almacenamiento de mercurio en lugares con pisos permeables, con grietas y porosos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Contaminación del ambiente, contacto peligroso con el suelo, derrame de grandes cantidades de mercurio o material contaminado con este elemento, pueden provocar filtración, vertido de mercurio en fuentes de agua, alcantarillas, subsuelo.
Almacenamiento de mercurio	Se almacena el mercurio en un lugar donde no se regula que la temperatura sea inferior al punto de vaporización (20°C)	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, puede provocar vaporización del mercurio u óxidos del mismo
Almacenamiento de mercurio	Se almacena el mercurio en recipientes sin rotulación, no herméticos, ni resistentes al fuego y ni a impactos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, ante incendio por calentamiento intenso se generan humos tóxicos, o reacciones intensas con sustancias incompatibles.
Disposición de mercurio	Patios de rastras sin un Programa de Manejo de Residuos Sólidos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Contaminación del ambiente, contacto peligroso con el suelo, derrame de grandes cantidades de mercurio o material contaminado con este elemento, pueden provocar filtración, vertido de mercurio en fuentes de agua, alcantarillas, subsuelo.
Disposición de mercurio	Patios de rastras sin un Subprograma para el Manejo de Residuos Peligrosos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Contaminación del ambiente, contacto peligroso con el suelo, derrame de grandes cantidades de mercurio o material contaminado con este elemento, pueden provocar filtración, vertido de mercurio en fuentes de agua, alcantarillas, subsuelo.
Manipulación de mercurio	Ausencia de registro en bitácoras de los controles de ingreso, consumo y recuperación del mercurio, ni la cantidad de lamas producidas	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, suelo, agua; derrame de grandes cantidades de mercurio o material contaminado con este elemento, pueden provocar filtración, vertido de mercurio en fuentes de agua, alcantarillas, subsuelo, vaporización; en medios acuáticos por microorganismos puede formar compuestos altamente tóxicos, bioacumulación
Referencia: Achá, Banefice, Gibon, Guimaraes, Molina & Sánchez 2010, Arana 2009, Fernández 2019, García, Sánchez & Tovar 2005, Goycochea 2001, p.40, MINAM 2010, Monteagudo 2001, UNA 2016			

CUADRO 2

Inventario e identificación de los peligros al manipular, almacenar y disponer mercurio en el proceso de extracción de oro en patios de rastras de Abangares, MAAPE, objeto amenazado salud del coligallero

Operaciones	Peligro	Tipo de Riesgo	Consecuencias
Manipulación de mercurio	Patios de rastras sin sitios para cambiarse la ropa de trabajo y colocarse el equipo de protección personal y seguridad ocupacional (vestidor/baño)	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, por tipo de exposición dérmica: -El contacto del mercurio con el tejido epitelial puede provocar resequedad, enrojecimiento, irritación, dolor y lagrimeo (en el caso de los ojos). - Ante contactos prolongados puede generar úlceras. - Se estima que la absorción cutánea del mercurio se da en cantidades bajas, y las afectaciones se aprecian mínimas en comparación a otras vías de ingreso.
Manipulación de mercurio	Patios de rastras sin un sistema de ventilación con instalación de extracción localizada (capilla)	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, por tipo de exposición por inhalación, en altas concentraciones de mercurio o por tiempos prolongados: - Una vez inhalado, el organismo mediante los tejidos pulmonares puede absorber el 80% del mercurio. - El mercurio dentro de las vías respiratorias es poco soluble, por ende, se transporta con facilidad a los bronquios, y posteriormente pasa al torrente sanguíneo y al cerebro. - Genera síntomas como daños cerebrales, náuseas, disentería, fiebre, temblores, alucinaciones, tos, salivación, dolores, afectaciones renales.
Manipulación de mercurio	Patios de rastras purifican la amalgama al aire libre en circuito abierto	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, por tipo de exposición por inhalación, en altas concentraciones de mercurio o por tiempos prolongados: - Una vez inhalado, el organismo mediante los tejidos pulmonares puede absorber el 80% del mercurio. - El mercurio dentro de las vías respiratorias es poco soluble, por ende, se transporta con facilidad a los bronquios, y posteriormente pasa al torrente sanguíneo y al cerebro. - Genera síntomas como daños cerebrales, náuseas, disentería, fiebre, temblores, alucinaciones, tos, salivación, dolores, afectaciones renales.
Referencia: Achá, Banefice, Gibon, Guimaraes, Molina & Sánchez 2010, Arana 2009, Fernández 2019, García, Sánchez & Tovar 2005, Goycochea 2001, p.40, MINAM 2010, Monteagudo 2001, UNA 2016			

CUADRO 2 (continuación)

Inventario e identificación de los peligros al manipular, almacenar y disponer mercurio en el proceso de extracción de oro en patios de rastras de Abangares, MAAPE, objeto amenazado salud del coligallero

Operaciones	Peligro	Tipo de Riesgo	Consecuencias
Manipulación y almacenamiento de mercurio	El patio de rastras ubicado a menos de 100m de viviendas	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de generación de acciones que causen afectación a la salud
Manipulación de mercurio	Patios de rastras sin instrucciones para prevenir y atender un accidente o emergencia por contacto, fuga o derrame de mercurio	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, no saber que hacer en caso de emergencia, auxilio de atención médica
Almacenamiento de mercurio	Patios de rastras sin instrucciones para prevenir y atender un accidente o emergencia por contacto, fuga o derrame de mercurio	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, no saber que hacer en caso de emergencia, auxilio de atención médica
Manipulación de mercurio	Patios de rastras que no tienen en un lugar visible y con acceso a consulta rápida, la ficha de seguridad del mercurio	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, no saber que hacer en caso de emergencia, auxilio de atención médica
Almacenamiento de mercurio	Patios de rastras que no tienen en un lugar visible y con acceso a consulta rápida, la ficha de seguridad del mercurio	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, no saber que hacer en caso de emergencia, auxilio de atención médica
Manipulación de mercurio	En el patio de rastras no se tiene disponible equipo para recolección y material apropiado para neutralizar derrames	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de generación de acciones que causen afectación a la salud
Almacenamiento de mercurio	Se almacena el mercurio en un lugar distante del área de procesamiento de material de mina	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de generación de acciones que causen afectación a la salud
Almacenamiento de mercurio	Patios de rastras que almacenan mercurio sin rotulación de prevención de almacenamiento de sustancias peligrosas	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de generación de acciones que causen afectación a la salud
Almacenamiento de mercurio	Patios de rastras con almacenamiento de mercurio en lugares con pisos permeables, con grietas y porosos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de generación de acciones que causen afectación a la salud
Referencia: Achá, Banefice, Gibon, Guimaraes, Molina & Sánchez 2010, Arana 2009, Fernández 2019, García, Sánchez & Tovar 2005, Goycochea 2001, p.40, MINAM 2010, Monteagudo 2001, UNA 2016			

CUADRO 2 (continuación)

Inventario e identificación de los peligros al manipular, almacenar y disponer mercurio en el proceso de extracción de oro en patios de rastras de Abangares, MAAPE, objeto amenazado salud del coligallero

Operaciones	Peligro	Tipo de Riesgo	Consecuencias
Almacenamiento de mercurio	Se almacena el mercurio en recipientes sin rotulación, no herméticos, ni resistentes al fuego y ni a impactos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, propenso a exposición por ingesta, inhalación o dérmica
Disposición de mercurio	Patios de rastras sin un Programa de Manejo de Residuos Sólidos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de generación de acciones que causen afectación a la salud
Disposición de mercurio	Patios de rastras sin un Subprograma para el Manejo de Residuos Peligrosos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de generación de acciones que causen afectación a la salud
Manipulación y almacenamiento de mercurio	Ausencia de uso de equipo de protección personal como mascarillas respiratorias apropiadas para manipular, almacenar o disponer el mercurio	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, por tipo de exposición por inhalación, en altas concentraciones de mercurio o por tiempos prolongados: - Una vez inhalado, el organismo mediante los tejidos pulmonares puede absorber el 80% del mercurio. - El mercurio dentro de las vías respiratorias es poco soluble, por ende, se transporta con facilidad a los bronquios, y posteriormente pasa al torrente sanguíneo y al cerebro. - Genera síntomas como daños cerebrales, náuseas, disentería, fiebre, temblores, alucinaciones, tos, salivación, dolores, afectaciones renales.
Manipulación de mercurio	Ausencia de uso de equipo de protección personal y seguridad ocupacional como trajes, delantales, botas, guantes de neopreno u otro polímero resistente, caretas, gafas de protección ocular, cubrebocas	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, por tipo de exposición dérmica e ingesta: -El contacto del mercurio con el tejido epitelial puede provocar resequedad, enrojecimiento, irritación, dolor y lagrimeo (en el caso de los ojos). - Ante contactos prolongados puede generar úlceras. - Se estima que la absorción cutánea del mercurio se da en cantidades bajas, y las afectaciones se aprecian mínimas en comparación a otras vías de ingreso. - En grandes cantidades puede provocar síntomas como abundante salivación, vómitos, náuseas, degustación a metal, irritación gastrointestinales, daños renales y cerebrales.
Referencia: Achá, Banefice, Gibon, Guimaraes, Molina & Sánchez 2010, Arana 2009, Fernández 2019, García, Sánchez & Tovar 2005, Goycochea 2001, p.40, MINAM 2010, Monteagudo 2001, UNA 2016			

CUADRO 2 (continuación)

Inventario e identificación de los peligros al manipular, almacenar y disponer mercurio en el proceso de extracción de oro en patios de rastras de Abangares, MAAPE, objeto amenazado salud del coligallero

Operaciones	Peligro	Tipo de Riesgo	Consecuencias
Almacenamiento de mercurio	Ausencia de uso de equipo de protección personal y seguridad ocupacional como trajes, delantales, botas, guantes de neopreno u otro polímero resistente, caretas, gafas de protección ocular, cubrebocas	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, por tipo de exposición dérmica e ingesta: -El contacto del mercurio con el tejido epitelial puede provocar resequedad, enrojecimiento, irritación, dolor y lagrimeo (en el caso de los ojos). - Ante contactos prolongados puede generar úlceras. - Se estima que la absorción cutánea del mercurio se da en cantidades bajas, y las afectaciones se aprecian mínimas en comparación a otras vías de ingreso. - En grandes cantidades puede provocar síntomas como abundante salivación, vómitos, náuseas, degustación a metal, irritación gastrointestinales, daños renales y cerebrales.
Manipulación de mercurio	Patios de rastras donde se utiliza el soplete de gas al aire libre (amalgama)	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, por tipo de exposición por inhalación, en altas concentraciones de mercurio o por tiempos prolongados: - Una vez inhalado, el organismo mediante los tejidos pulmonares puede absorber el 80% del mercurio. - El mercurio dentro de las vías respiratorias es poco soluble, por ende, se transporta con facilidad a los bronquios, y posteriormente pasa al torrente sanguíneo y al cerebro. - Genera síntomas como daños cerebrales, náuseas, disentería, fiebre, temblores, alucinaciones, tos, salivación, dolores, afectaciones renales.
Manipulación de mercurio	Se realiza contacto mano nariz o mano ojos o mano boca, y se manipula, almacena o dispone el mercurio, sin antes lavarse las manos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, propenso a exposición por ingesta, inhalación o dérmica
Manipulación de mercurio	Ausencia de registro en bitácoras de los controles de ingreso, consumo y recuperación del mercurio, ni la cantidad de lamas producidas	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Posibilidad de generación de acciones que causen afectación a la salud
Referencia: Achá, Banefice, Gibon, Guimaraes, Molina & Sánchez 2010, Arana 2009, Fernández 2019, García, Sánchez & Tovar 2005, Goycochea 2001, p.40, MINAM 2010, Monteagudo 2001, UNA 2016			

CUADRO 2 (continuación)

Inventario e identificación de los peligros al manipular, almacenar y disponer mercurio en el proceso de extracción de oro en patios de rastras de Abangares, MAAPE, objeto amenazado salud del coligallero

Operaciones	Peligro	Tipo de Riesgo	Consecuencias
Almacenamiento de mercurio	Se realiza contacto mano nariz o mano ojos o mano boca, y se manipula, almacena o dispone el mercurio, sin antes lavarse las manos	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, propenso a exposición por ingesta, inhalación o dérmica
Almacenamiento de mercurio	Se almacena el mercurio en un lugar donde no se regula que la temperatura sea inferior al punto de vaporización (20°C)	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Contaminación del ambiente, contacto peligroso con el aire, puede provocar vaporización del mercurio u óxidos del mismo
Manipulación y almacenamiento de mercurio	Se usa el mercurio sin precaución (de forma rápida, sobre superficies inestables y sin evitar hacer derrames)	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, por tipo de exposición dérmica: -El contacto del mercurio con el tejido epitelial puede provocar resequedad, enrojecimiento, irritación, dolor y lagrimeo (en el caso de los ojos). - Ante contactos prolongados puede generar úlceras. - Se estima que la absorción cutánea del mercurio se da en cantidades bajas, y las afectaciones se aprecian mínimas en comparación a otras vías de ingreso.
Manipulación y almacenamiento de mercurio	El mercurio entra en contacto con la piel, y se impregna con la ropa de trabajo	tóxico, corrosivo, no inflamable, no reactivo	Afectación a la salud, contacto peligroso con el coligallero, por tipo de exposición dérmica: -El contacto del mercurio con el tejido epitelial puede provocar resequedad, enrojecimiento, irritación, dolor y lagrimeo (en el caso de los ojos). - Ante contactos prolongados puede generar úlceras. - Se estima que la absorción cutánea del mercurio se da en cantidades bajas, y las afectaciones se aprecian mínimas en comparación a otras vías de ingreso.

Referencia: Achá, Banefice, Gibon, Guimaraes, Molina & Sánchez 2010, Arana 2009, Fernández 2019, García, Sánchez & Tovar 2005, Goycochea 2001, p.40, MINAM 2010, Monteagudo 2001, UNA 2016

CUADRO 3

Determinación y análisis de escenarios de riesgos de los peligros para el ambiente en el proceso de extracción de oro de MAAPE, en patios de rastras de Abangares

N°	Escenario de riesgo	Probabilidad	Gravedad de la consecuencia	Riesgo
EA.1.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin un sistema de ventilación con instalación de extracción localizada (capilla)	3	3	9
EA.2.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras que purifican la amalgama al aire libre en circuito abierto	3	2	6
EA.3.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin instrucciones para prevenir y atender un accidente o emergencia por contacto, fuga o derrame de mercurio	2	3	6
EA.3.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras sin instrucciones para prevenir y atender un accidente o emergencia por contacto, fuga o derrame de mercurio	1	3	3
EA.4.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras que no tienen disponible equipo para recolección y material apropiado para neutralizar derrames	3	1	3
EA.5.A	Almacenamiento de mercurio en un lugar distante del área de procesamiento de material de mina	1	1	1
EA.6.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras sin rotulación de prevención de almacenamiento de sustancias peligrosas	2	2	4
EA.7.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras en lugares con pisos permeables, con grietas y porosos	2	3	6
EA.8.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras en lugares donde no se regule que la temperatura sea inferior al punto de vaporización (20°C)	3	3	9
EA.9.A	Almacenamiento del mercurio en recipientes sin rotulación, no herméticos, ni resistentes al fuego y a impactos	2	2	4
EA.10.D	Disponen el mercurio en patios de rastras sin un Programa de Manejo de Residuos Sólidos	3	2	6
EA.11.D	Disponen el mercurio en patios de rastras sin un Subprograma para el Manejo de Residuos Peligrosos	3	2	6
EA.12.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras ausencia de registro en bitácoras de los controles de ingreso, consumo y recuperación del mercurio, ni la cantidad de lamas producidas	4	2	8

EA = Escenario Ambiental A = Almacenamiento M = Manipulación D = Disposición

Referencia: CELEC EP 2010 p. 175, Goycochea 2001, MINAM 2010

CUADRO 4

Determinación y análisis de escenarios de riesgos de los peligros a la salud del coligallero en el proceso de extracción de oro de MAAPE, en patios de rastras de Abangares

N°	Escenario de riesgo	Probabilidad	Gravedad de la consecuencia	Riesgo
ES.1.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras ubicados a menos de 100m de viviendas	2	2	4
ES.1.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras ubicados a menos de 100m de viviendas	1	2	2
ES.2.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin sitios para cambiarse la ropa de trabajo y colocarse el equipo de protección personal y seguridad ocupacional	1	3	3
ES.3.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin un sistema de ventilación con instalación de extracción localizada (capilla)	3	3	9
ES.4.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras que purifican la amalgama al aire libre en circuito abierto	3	3	9
ES.5.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin instrucciones para prevenir y atender un accidente o emergencia por contacto, fuga o derrame de mercurio	2	3	6
ES.5.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras sin instrucciones para prevenir y atender un accidente o emergencia por contacto, fuga o derrame de mercurio	1	3	3
ES.6.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras que no tienen en un lugar visible y con acceso a consulta rápida, la ficha de seguridad del mercurio	2	1	2
ES.6.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras que no tienen en un lugar visible y con acceso a consulta rápida, la ficha de seguridad del mercurio	2	1	2
ES.7.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras que no tienen disponible equipo para recolección y material apropiado para neutralizar derrames	2	1	2
ES.8.A	Almacenamiento de mercurio en un lugar distante del área de procesamiento de material de mina	1	1	1
ES.9.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras sin rotulación de prevención de almacenamiento de sustancias peligrosas	2	1	2
ES.10.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras en lugares con pisos permeables, con grietas y porosos	1	1	1
ES.11.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras en lugares donde no se regule que la temperatura sea inferior al punto de vaporización (20°C)	3	3	9

ES = Escenario Salud A = Almacenamiento M = Manipulación D = Disposición

Referencia: CELEC EP 2010 p. 175, Goycochea 2001, MINAM 2010

CUADRO 4 (continuación)

Determinación y análisis de escenarios de riesgos de los peligros a la salud del coligallero en el proceso de extracción de oro de MAAPE, en patios de rastras de Abangares

N°	Escenario de riesgo	Probabilidad	Gravedad de la consecuencia	Riesgo
ES.12.A	Almacenamiento del mercurio en recipientes sin rotulación, no herméticos, ni resistentes al fuego y ni a impactos	3	2	6
ES.13.D	Disponen el mercurio en patios de rastras sin un Programa de Manejo de Residuos Sólidos	3	1	3
ES.14.D	Disponen el mercurio en patios de rastras sin un Subprograma para el Manejo de Residuos Peligrosos	3	1	3
ES.15.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras con ausencia de registro en bitácoras de los controles de ingreso, consumo y recuperación del mercurio, ni la cantidad de lamas producidas	1	1	1
ES.16.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin utilizar equipo de protección personal como mascarillas respiratorias apropiadas para manipular, almacenar o disponer el mercurio	4	3	12
ES.16.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras sin utilizar equipo de protección personal como mascarillas respiratorias apropiadas para manipular, almacenar o disponer el mercurio	4	3	12
ES.17.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin utilizar equipo de protección personal y seguridad ocupacional como trajes, delantales, botas, guantes de neopreno u otro polímero resistente, caretas, gafas de protección ocular, cubrebocas	3	2	6
ES.17.A	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin utilizar equipo de protección personal y seguridad ocupacional como trajes, delantales, botas, guantes de neopreno u otro polímero resistente, caretas, gafas de protección ocular, cubrebocas	3	2	6
ES.18.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras utilizando el soplete de gas al aire libre (amalgama)	2	3	6
ES.19.M	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras sin realizar el lavado de manos, antes de contacto mano nariz o mano ojos o mano boca, y cuando se manipula, almacena o dispone el mercurio	3	2	6
ES = Escenario Salud A = Almacenamiento M = Manipulación D = Disposición				
Referencia: CELEC EP 2010 p. 175, Goycochea 2001, MINAM 2010				

CUADRO 4 (continuación)

Determinación y análisis de escenarios de riesgos de los peligros a la salud del coligallero en el proceso de

extracción de oro de MAAPE, en patios de rastras de Abangares

N°	Escenario de riesgo	Probabilidad	Gravedad de la consecuencia	Riesgo
ES.19.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras sin realizar el lavado de manos, antes de contacto mano nariz o mano ojos o mano boca, y cuando se manipula, almacena o dispone el mercurio	3	2	6
ES.20.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin precaución (de forma lenta, sobre superficies firmes y evitando hacer derrames)	2	3	6
ES.20.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras sin precaución (de forma lenta, sobre superficies firmes y evitando hacer derrames)	2	3	6
ES.21.M	Manipulación de mercurio en patios de rastras sin evitar que el mercurio entre en contacto con la piel, así como la impregnación de la ropa de trabajo	4	2	8
ES.21.A	Almacenamiento de mercurio en patios de rastras sin evitar que el mercurio entre en contacto con la piel, así como la impregnación de la ropa de trabajo	4	2	8
ES = Escenario Salud A = Almacenamiento M = Manipulación D = Disposición				
Referencia: CELEC EP 2010 p. 175, Goycochea 2001, MINAM 2010				

En consecuencia, con una clasificación cuantitativa de riesgos (Cuadro 5), se realizó el análisis de riesgos ambientales de los patios de rastras (Cuadro 6) y el análisis de riesgos a la salud del coligallero (Cuadro 7). Se obtuvo que los riesgos al ambiente son bajos (38.46%) y moderados (61.53%), y el 93.10% de los riesgos a la salud del coligallero son bajos o moderados y sólo un 6.89% son medios. Se utilizó una guía de análisis de riesgos a la salud y al ambiente con base en la “*Metodología de evaluación de riesgos y peligros en la actividad aurífera*” del Documento Técnico PERU/MINSA/OGE-01/012, en consecuencia, para cada escenario de riesgos se calcula el riesgo igual a la probabilidad multiplicada por la gravedad de la consecuencia; obteniéndose valores cuantitativos dentro del rango de 1 a 25, lo que conlleva a clasificar el riesgo por escalas (Cuadro 5) y a representar los resultados de los escenarios de riesgos en una matriz de estimación de riesgos (Cuadro 6 y 7) (CELEC EP 2010, Goycochea 2001, MINAM 2010, Sánchez 2010).

Los riesgos ambientales de mayor valor cuantitativo se clasificaron como riesgos moderados, con valor igual a 9; se presentaron durante la etapa del proceso de molienda debido a la operación de manipular el mercurio en patios de rastras que no tienen un sistema de ventilación con instalación de extracción localizada (capilla). También, debido a la operación de almacenar el mercurio en patios de rastras en lugares donde no se regule que la temperatura sea inferior al punto de vaporización (20°C).

Los riesgos a la salud de mayor valor cuantitativo se clasificaron como riesgos medios, con valor igual a 12, se presentaron durante la etapa del proceso de molienda debido a las operaciones de almacenar o manipular mercurio en patios de rastras sin utilizar equipo de protección personal como mascarillas respiratorias apropiadas.

CUADRO 5

Clasificación cuantitativa de riesgos

Clase	Características
Riesgo bajo	1 a 5
Riesgo moderado	6 a 10
Riesgo medio	11 a 15
Riesgo alto	16 a 20
Riesgo muy alto	21 a 25

CUADRO 6

Matriz de estimación de riesgos de los peligros para el ambiente en el proceso de extracción de oro de MAAPE, en patios de rastras de Abangares

Escenarios (E _n)		Gravedad de la consecuencia				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1	EA.5.A		EA.3.A		
	2		EA.6.A, EA.9.A	EA.7.A, EA.3.M		
	3	EA.4.M	EA.2.M, EA.10.D, EA.11.D	EA.1.M, EA.8.A		
	4		EA.12.M			
	5					

CUADRO 7

Matriz de estimación de riesgos de los peligros a la salud del coligallero en el proceso de extracción de oro de MAAPE, en patios de rastras de Abangares

Escenarios (E _n)		Gravedad de la consecuencia				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1	ES.8.A, ES.10.A, ES.15.M	ES.1.A	ES.2.M, ES.5.A		
	2	ES.6.M, ES.6.A, ES.7.M, ES.9.A	ES.1.M	ES.5.M, ES.18.M, ES.20.M, ES.20.A		
	3	ES.14.D, ES.13.D	ES.12.A, ES.17.M, ES.17.A, ES.19.M, ES.19.A	ES.3.M, ES.4.M, ES.11.A		
	4		ES.21.M, ES.21.A	ES.16.M, ES.16.A		
	5					

Se cumple la hipótesis de que los coligalleros desconocen las medidas de prevención y de mitigación de los peligros al manipular, almacenar y disponer el mercurio en patios de rastras de MAAPE. Asimismo, se cumple la hipótesis de que en los patios de rastras la etapa del proceso de mayor exposición a peligros que generan riesgos a la salud del coligallero y al ambiente es la molienda, etapa que se desarrolla en todos los patios de rastras observados.

DISCUSIÓN

Estudios anteriores, al igual que en esta investigación, han evidenciado que los riesgos a la salud y al ambiente por manejo de mercurio en la MAAPE se presentan ante incumplimientos de las condiciones físico-sanitarias, como ubicación, ventilación, manipulación, almacenamiento, documentación, prevención y atención de accidentes o emergencias por contacto, fuga o derrame de mercurio (Goycochea 2001, García et al. 2005, Solano 2014, Cordy et al., 2017, Fernández 2017, Fernández et al. 2017, Fernández 2019). Los resultados obtenidos también coinciden con otros estudios que determinan que los riesgos en el uso de mercurio para la extracción de oro se presentan, porque los coligalleros desconocen medidas de prevención y mitigación de peligros por almacenar o manipular mercurio en el proceso de extracción de oro en MAAPE, y por la ausencia del uso de equipo de protección personal adecuado (Goycochea 2001, García et al. 2005, Solano 2014, Cordy et al., 2017, Fernández 2017, Fernández et al. 2017, Fernández 2019).

Adicionalmente, la presente investigación obtiene que la cantidad de peligros observados se presentan tanto en el ambiente de los patios de rastras (agua, suelo y aire) como en la salud de los coligalleros, como se expone en otros estudios realizados a la MAAPE del cantón de Abangares (Goycochea 2001, García et al. 2005). A pesar, que el coligallero necesita que el proceso de extracción adquiera la mayor cantidad de oro del material de las minas con la menor pérdida de mercurio, como se concluye en otras publicaciones, porque este metal en estado líquido puede ser recuperado, recolectado, reenvasado, reutilizado y descontaminado con técnicas de la MAAPE (Solano 2014, Cordy et al., 2017, Fernández 2017, Fernández et al. 2017, Fernández 2019).

Al determinar los escenarios de riesgos por los peligros que afectan al ambiente y la salud, durante el proceso de extracción de oro con mercurio en MAAPE, se logró clasificar los riesgos al ambiente en riesgos bajos y moderados; y los riesgos a la salud en riesgos bajos, moderados y medios. Por consiguiente, concuerda con la investigación según Solano (2014), el proceso de extracción de oro presenta impactos moderados, al ser proyectos de actividades artesanales y pequeña escala, lo cual los hace ambientalmente viables. Además, según Cordy et al. (2017), la concentración de mercurio total en lamas ha resultado baja en comparación a procesos industriales.

La hipótesis definida concuerda con otras investigaciones que determinan que la etapa de molienda es donde se emite la mayor cantidad de mercurio, producto de la fricción y por las pérdidas de mercurio inmersas en las lamas (Solano, 2014, Fernández, 2017). Asimismo, la etapa de molienda se desarrolla en el 100% de los patios de rastras observados, por ende, es la etapa con mayor exposición a peligros. Según Fernández (2017), las limitaciones económicas y de escolaridad más las costumbres de los coligalleros, impiden alcanzar condiciones eficientes y de prevención en el proceso de extracción del oro de MAAPE, lo cual es concordante con una de nuestras hipótesis. En consecuencia, según Fernández (2019) y Solano (2014), la diligencia jurídica establecida para las instituciones competentes debe ser mayor. En la normativa costarricense se estipula una intervención estatal prioritaria y una reducción de riesgos ambientales, de salud y socioeconómicos del proceso de extracción del oro de MAAPE de Abangares (Asamblea Legislativa República de Costa Rica, 2011). Asimismo, se enfatiza en la importancia de la investigación de tecnologías o métodos que reduzcan el uso del mercurio, y el otorgamiento de financiamientos o créditos no reembolsables a coligalleros (Asamblea Legislativa República de Costa Rica, 2011). Sin embargo, este estudio determina que esos lineamientos jurídicos no han sido bien aplicados y carecen de un seguimiento que favorezca a los coligalleros y al ambiente.

Es importante recalcar que una vez que los peligros al ambiente y la salud han sido determinados estos pueden, mediante una participación más activa y obediente de las instituciones del Estado, ser prevenidos, minimizados y hasta mitigados, para así garantizar la continuidad de la MAAPE en Abangares, conforme al Convenio de Minamata (Solano 2014, Cordy et al., 2017, Fernández 2017, Fernández et al. 2017, Fernández 2019).

La investigación logra identificar y determinar escenarios de riesgos a la salud y al ambiente ante la presencia de contactos peligrosos al manipular, almacenar y disponer el mercurio en el proceso de extracción de oro en la MAPE en rastras del cantón de Abangares, por consiguiente, los coligalleros y el Gobierno, cuentan con insumos para una posible evaluación y administración de los riesgos a la salud y al ambiente, asimismo ayuda a crear conciencia de las decisiones que a futuro se elijan, y que permitan una mejora continua del proceso productivo, de manera amigable con el ambiente y que favorezcan las condiciones de trabajo, de salud y socioeconómicas de los coligalleros. En consecuencia, se cumplieron el objetivo general y los objetivos específicos, por ende, se cumple la hipótesis que la etapa del proceso de mayor exposición es la molienda. Asimismo, se cumple la hipótesis de que los coligalleros desconocen las medidas de prevención y de mitigación de los peligros al manipular, almacenar y disponer el mercurio en patios de rastras. En consecuencia, se requiere asesoría y acompañamiento Estatal, para implementar tecnologías que permitan reconvertir y reducir la cantidad de mercurio utilizado, conforme al Convenio de Minamata.

Se recomienda para futuras investigaciones, plantearlas dentro de objetivos institucionales de entidades públicas vinculadas con la minería aurífera artesanal a pequeña escala en el cantón de Abangares, para así integrar los resultados a las acciones de abordaje, para poder contar con acompañamiento y recursos económicos. También, se recomienda continuar midiendo los escenarios de riesgo al ambiental y a la salud del coligallero, conforme al grado de avance de la implementación de los lineamientos del Convenio de Minamata. Una limitante de la investigación correspondió, a que los patios de rastras se encuentran dentro de propiedades privadas de acceso restringido.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Comité Asesor conformado por el Director de Tesis el M.Sc. Antonio Porras Mora y los Lectores de Tesis el M.Sc. Johnny Ureña Picado y la M.Sc. Lourdes Arce Espinoza; que han colaborado y brindado valiosos aportes y orientaciones ad honorem; a los funcionarios del Sistema de Estudios de Posgrados de la Universidad Estatal a Distancia, M.Sc. Wendy Villalobos González, Ph. D. Zaidett Barrientos Llosa, M.Sc. Benjamín Álvarez Garay, Ph.D. Harold Arias LeClaire, al Lic. Sergio Gabriel Quesada Acuña, por cada guía, seguimiento y aporte de conocimiento; a las Cooperativas Mineras, a los coligalleros y a los coordinadores de las visitas por la colaboración y anuencia de participar en la investigación. Este trabajo es parte de los requisitos de graduación del programa de Maestría Académica en Manejo de Recursos Naturales de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica.

REFERENCIAS

- Achá, D., Banefice, E., Gibon, F. M., Guimaraes, J. R., Molina, C. I. y Sánchez, Y. (2010). Implicancia ambiental del mercurio en ecosistemas acuáticos de la Amazonía: Situación en Bolivia. *Revista Virtual REDESMA*, 4(2). http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1995-10782010000300005&script=sci_arttext
- Alliance for Responsible Mining (ARM). (2013, 30 de agosto). La Alianza por la Minería Responsable (ARM) y El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) unen esfuerzos para fomentar la minería artesanal responsable en Bolivia, Colombia y Perú. *Alianza por la Minería Responsable*. Colombia. <https://www.responsiblemines.org/2013/08/la-alianza-por-la-mineria-responsable-arm-y-el-banco-interamericano-de-desarrollo-bid-unen-esfuerzos-para-fomentar-la-mineria-artesanal-responsable-en-bolivia-colombia-y-peru/>
- Alliance for Responsible Mining (ARM). (2017) *¿Qué es el Oro Ecológico Fairmined?* Colombia. <https://www.responsiblemines.org/wp-content/uploads/2017/07/Documento-Explicativo-Diferencias-entre-Oro-Fairmined-y-Oro-Ecologico-Fairmined.pdf>
- Arana, Z. M. (2009). El caso del derrame de mercurio en Choropampa y los daños a la salud en la población rural expuesta. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26(1). <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a19v26n1.pdf>

- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. (2011, 10 de febrero). Ley 8904 Para declarar a Costa Rica país libre de minería metálica a cielo abierto. *La Gaceta Diario Oficial Alcance Digital 11*. San José, Costa Rica. <https://www.imprentanacional.go.cr/pub/2011/02/10/alca11.pdf>
- Asamblea Legislativa República Costa Rica (a) (2012). *Decreto N° 36551-S-MINAET-MTSS Reglamento sobre emisión de contaminantes atmosféricos provenientes de calderas y hornos de tipo indirecto*. San José, Costa Rica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=70715&nValor3=0&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa República Costa Rica (b) (2012). *Decreto N° 37225-MINAET Reglamento de la actividad de la minería artesanal y en pequeña escala para subsistencia familiar por parte de Cooperativas Mineras*. San José, Costa Rica. www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=73102&nValor3=0&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa República Costa Rica (2014). *Decreto N° 36551-S-MINAET-MTSS Reglamento sobre valores guía en suelos para descontaminación de sitios afectados por emergencias ambientales y derrames*. San José, Costa Rica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=75223&nValor3=0&strTipM=FN
- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. (2016). *Tratados Internacionales: Ley 9391*. San José, Costa Rica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC¶m2=1&nValor1=1&nValor2=82755&nValor3=105958&strTipM=TC&lResultado=1&nValor4=1&strSelect=sel
- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. (2017). *Decreto Ejecutivo 40053 Ratificación de la República de Costa Rica al Convenio de Minamata sobre el Mercurio*. San José, Costa Rica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC¶m2=1&nValor1=1&nValor2=83253&nValor3=106820&strTipM=TC&lResultado=9&nValor4=1&strSelect=sel
- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. (2019). *Ley 9662 Ley para prorrogar el plazo establecido en el transitorio I de la Ley 8904*. San José, Costa Rica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=88197&nValor3=115162&strTipM=TC
- Baptista, P., Fernández, C. y Hernández, R. (5^{ta} Eds.). (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw-Hill.
- Castillo, A. (2006). Industria minera y coligallerismo en Abangares: un análisis desde la perspectiva histórica. *Revista Herencia, 19 (1)*. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/herencia/article/view/10005>
- Cordy, P., Murillo, J., Quesada, P., Reyes, V., Rodríguez, J., Sánchez, J., Sibaja, J., Soto, S. y Vargas, E. (2017). *Evaluación inicial para la implementación del Convenio de Minamata (MIA) sobre mercurio*. San José: Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). <http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/MIAs/Costa-Rica-2017-SP.pdf>
- Convenio de Minamata. (2020). *Geneva Environment Dialogues COVID-19 Impacts on the Global Environmental Agenda Minamata Convention and COVID-19. UNEP's COVID-19 Response*. Suiza. http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Presentations/GEN_COVID_Minamata_28May2020.pdf

- Corporación Eléctrica de Ecuador (CELEC EP). (2010). *Estudio de impacto ambiental para la construcción y operación de la subestación el INGA 500/230/138 kV.3. Capítulo VIII Análisis de riesgos ambientales*. Greenleaf Ambiental Company Cia. Ltda. Quito: Ecuador. https://www.celec.gob.ec/transelctric/images/stories/baners_home/EIA/cap8_se_el_inga.pdf
- Dirección de Aguas del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2020). *Mapa de acuíferos potenciales de 0-30 metros bajo el nivel del suelo*. Costa Rica: República de Costa Rica. <https://da.go.cr/wp-content/uploads/2019/11/Mapa-de-acuiferos-potenciales-someros-0-30-m.pdf>
- Español, C. S. (2012). Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Revista Biomédica, Instituto Nacional de Salud*, 32 (3). <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1437>
- Esri. (2020). *Living Atlas, Mapa global de cobertura del suelo 2020*. Estados Unidos: Impact Observatory y Microsoft. <https://www.esri.com/en-us/home>
- Fernández, A. (2017). *Desarrollo de un perfil nacional de uso de mercurio en Costa Rica a la luz de la entrada en vigencia del Convenio de Minamata*. [Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/4007>
- Fernández, V. A., Herrera, M. J. y Sibaja, B. J. (2017). Perfil nacional de uso de mercurio en Costa Rica a la luz de la entrada en vigencia del Convenio de Minamata. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2). <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/9484>
- Fernández, V. 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. *Revista de UCR*, 17(1). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/psm/article/view/37789/39972>
- García, C., Sánchez, E., Tovar, O. (2005). *Guías Mineras 2005. Uso y manejo de mercurio*. Ministerio de Energía y Minas. Sub Sector Minería. Dirección General Minera. Lima: Ministerio de Energía y Minas, Sub Sector Minería, Dirección General de Minería, Dirección de Promoción y Desarrollo Minero. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/GUIAS/GUIAS/UMM%202004.pdf>
- Goycochea, J. (2001). *Evaluación de riesgos ambiental del mercurio en la actividad aurífera. Serie de Informes Técnicos de Vigilancia Epidemiológica de Riesgos y Daños 028*. Lima: Goycochea Oficina General de Epidemiología. http://www.dge.gob.pe/publicaciones/pub_herramientas/tools01.pdf
- Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). (2015). *Atlas Digital de Costa Rica 2014*. Costa Rica: Repositorio TEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6749?show=full>
- Inypsa y Ministerio de Hacienda. (2011). *Plan regulador del cantón de Abangares, Tomo I Diagnóstico*. (Informe). Guanacaste: Unidad ejecutora del programa 1284 OC/CR de regularización del catastro y registro.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). Viceministerio de Gestión Ambiental. Dirección General de Calidad Ambiental. (2010). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Perú. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf
- Monteagudo, F. (2001). *Evaluación de la contaminación por mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena – Acayuco - Perú, durante el periodo agosto 2000*. [Tesis para optar por título profesional de Químico Farmacéutico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1083/Monteagudo_mf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Municipalidad de Abangares. (2012). *Hacia el desarrollo humano sostenible. Plan estratégico de largo plazo. Período 2012-2027*. (Informe). Guanacaste: Opciones técnicas para el desarrollo S.A. <https://www.abangares.go.cr/images/Planes/PLANLARGOPLAZOABANGARES.pdf>
- Organizaciones Mineras Cooperativas de Abangares. (2020, 09 octubre). Comunicado de prensa. CP-3-2020. Abangares, Costa Rica. Redes sociales locales.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *La minería aurífera artesanal o de pequeña escala y la salud. Documento Técnico N° 1: riesgos para la salud relacionados con el trabajo y el medioambiente asociados a la extracción de oro artesanal o a pequeña escala*. Suiza. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259452/9789243510279-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización Naciones Unidas (ONU). (2018, 27 de junio). ¿Por qué la minería artesanal es tan contaminante? *ONU Medio Ambiente*. Nairobi, Kenya. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/porque-la-mineria-artesanal-es-tan-contaminante>
- Organización Naciones Unidas (ONU). (2019, 18 de febrero). Destinan 180 millones de dólares a reducir el mercurio en la extracción de oro. *ONU Medio Ambiente*. Nairobi, Kenya. <https://news.un.org/es/story/2019/02/1451421>
- Planet Gold (a). (2020). *Expedición mercurio*. Perú. <https://expedicionmercurio.com/#recomendaciones>
- Planet Gold (b). (2020). *Materiales de sensibilización sobre el COVID-19 para mineros y comunidades locales*. Perú. <https://www.planetgold.org/es/covid-19-awareness-raising-materials-miners-local-communities>
- Presidencia de la República. (2020, 14 setiembre). *Gobierno alcanza acuerdo con oreros y manifestantes de Abangares levantan bloqueos*. Comunicado de prensa. CP-800-2020. San José, Costa Rica. <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/09/gobierno-alcanza-acuerdo-con-oreros-y-manifestantes-de-abangares-levantan-bloqueos/>
- Proyecto GAMA. (2008). *Gestión ambiental en la minería artesanal proyecto GAMA, fase 3*. Lima: Perú. <http://www.gama-peru.org/gama/tiki-index.php?page=Resumen+del+Proyecto>
- Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia. (2018). *El Ejecutivo tiene dos meses para reglamentar la Ley 8904 (Ley para declarar a Costa Rica libre de minería metálica a cielo abierto)*. Nota 11-2015. Notas sobre la Sala Constitucional. San José, Costa Rica. <https://www.poder-judicial.go.cr/salaconstitucional/index.php/notas-sala-2015>
- Sánchez, L. (2ª Eds.) (2010). *Evaluación de impacto ambiental conceptos y métodos*. Brasil: Conselho Editorial. <https://drive.google.com/file/d/1Hlm4sOb8XNrx3CyAyLjywmUTz57TaUnS/view?fbclid=IwAR30TRtGR2JFQqWGgXD427gPlxyYSeif04bvMPR8HuWQWdnf6VzfYQHLKUI>
- Solano, O. (2014). *Plan de gestión ambiental para la actividad minera artesanal aurífera en el cantón de Abangares*. [Tesis de Posgrado en Gestión Ambiental y Desarrollo, Instituto Centroamericano de Administración Pública Maestría en Gestión Ambiental y Desarrollo Local]. http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/TESIS/2014/solano_espinoza_oscar_pr_2014.pdf
- Supo, J. (2013). *Cómo validar un instrumento. Aprende a validar y crear un instrumento como un experto*. Perú: Biblioteca Nacional del Perú. http://www.cua.uam.mx/pdfs/coplavi/s_p/doc_ng/validacion-de-instrumentos-de-medicion.pdf
- Universidad Nacional (UNA). (2016). *Hoja de seguridad. Mercurio MSDS*. Costa Rica: Universidad Nacional. <http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category/13-hojas-de-seguridad?download=268:mercurio&start=160>