Artículo / Investigación
Article / Research

Impacto percibido en la salud de los mineros artesanales del municipio de Quinchía (Colombia) por el uso de mercurio y cianuro en el proceso de amalgamiento de oro

Perceived impact on the artisanal miner's health from quinchía´s municipality (Colombia) by the use of cyanide and mercury in the amalgamation process of gold

Claudia L. López-Jiménez, Javier Uribe-Guevara
y Jhouben J. Cuesta-Ramírez

Recibido 11 marzo 2019 / Enviado para corrección 27 mayo 2019 / Aceptado 2 junio 2019

CL: Admón. Financiera. M. Sc. Administración del Desarrollo Humano y Organizacional. Abogada. Esp. Seguridad y Salud en el Trabajo, Gerencia y Control del Riesgo. Investigadora líder, Corporación Universitaria Minuto de Dios (Uniminuto). Pereira-Colombia.
clopezjime1@uniminuito.edu.co
JU: Profesional en Salud Ocupacional, Universidad del Quindío. Esp. Epidemiología, Fundación Universitaria del Área Andina. Docente investigador, Uniminuto. Pereira-Colombia.
uribegueva@uniminuto.edu.co
JQ: Ing. Electricista. M. Sc. Ingeniería Eléctrica con énfasis en Procesos Estocásticos, Coinvestigador, Uniminuto. Pereira-Colombia.
jhouben.cuesta@emse.fr

RESUMEN

Objetivo Determinar el impacto percibido en la salud de los mineros artesanales del municipio de Quinchía (Colombia) por el uso de mercurio y cianuro en el proceso de amalgamiento de oro.
Métodos Investigación cuantitativa, descriptiva, en una muestra de 28 mineros activos expuestos a cianuro y mercurio. Se caracterizó el proceso de amalgamiento de oro, se realizó una encuesta de percepción de síntomas y se efectuaron exámenes de laboratorio para detectar la concentración de mercurio y cianuro en la sangre.
Resultados El 50% de los mineros llevan en el oficio entre 21 y 30 años, con una exposición de 2,6 horas/día al mercurio y cianuro. El 33% de los mineros presentan niveles de concentración de mercurio en la sangre entre 4 y 4,9 microgramos por litro (µg/L) y refieren síntomas en los sistemas nervioso y digestivo. Los resultados de cianuro en la sangre fueron negativos.
Conclusiones Las concentraciones de mercurio en la sangre se asocian con el tiempo en el oficio, horas de exposición al mercurio y percepción de síntomas. Los resultados de cianuro en la sangre no son coincidentes con los síntomas referidos por los mineros. Pese a que, se reconoce la toxicidad de estas sustancias químicas, aún se emplean métodos tradicionales y prohibidos sin tener en cuenta los protocolos de seguridad y el uso de elementos de protección adecuados. Los mineros constantemente están expuestos a procedimientos que implican riesgos para la salud; refieren síntomas no diagnosticados y que podrían afectar el organismo a largo plazo. No se adoptan medidas de prevención y promoción.

Palabras Clave: Exposición ocupacional; intoxicación por mercurio; mercurio; minería *(fuente: DeCS, BIREME).*

ABSTRACT

Objective Determine the Perceived Impact on the Artisanal Miner's Health from Quinchía´s Municipality (Colombia) by the Use of Cyanide and Mercury in the Amalgamation Process of Gold.
Methods Quantitative, descriptive research in a sample of 28 active miners exposed to cyanide and mercury. The process of gold amalgamation was characterized, a survey of symptom perception was carried out and laboratory tests were carried out to detect the concentration of mercury and cyanide in blood.
Results 50% of the miners are in the trade between 21 and 30 years, with an exposure of 2.6 hours/day to mercury and cyanide. 33% of miners have levels of mercury con-

DOI: https://doi.org/10.15446/rsap.V21n3.81048

centration in blood between 4-4.9 micrograms per liter (µg/L), as well as refer to symptoms in the nervous and digestive systems. The results of cyanide in blood are negative.
Conclusions Blood mercury concentrations are associated with time in the trade, hours of exposure to mercury and perception of symptoms. The results of cyanide in blood are not coincident with the symptoms reported by the miners. Although the toxicity of these chemical substances is recognized, traditional and prohibited methods are still used without taking into account safety protocols and the use of appropriate protection elements. Miners are constantly exposed to procedures that involve health risks, refer undiagnosed symptoms and that could affect the organism in the long term. Prevention and promotion measures are not adopted.

Key Words: Occupational exposure; mercury poisoning; mercury; mining *(source: MeSH, NLM)*.

Entre las principales actividades económicas del municipio de Quinchía está la explotación minera del oro. Tal actividad incluye la explotación tecnificada por parte de las multinacionales presentes en la región y la minería informal. Para esta última, generada por la explotación del oro de aluvión de una forma artesanal, se emplean cianuro y mercurio cuyo uso está restringido en Colombia (1).

Es bien conocido que los compuestos del mercurio son productos químicos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente (2). La exposición a altos niveles de estas sustancias puede causar daño permanente al cerebro, los riñones y, si se da durante el embarazo, al feto en desarrollo. Los efectos en la función cerebral pueden manifestarse como irritabilidad, timidez, temblores, cambios en la visión o en la audición y problemas de memoria. La exposición a los vapores de mercurio puede causar dolor de pecho, dificultad respiratoria y secreción de fluidos en los pulmones (edema pulmonar) que puede ser fatal (3-5). Por otra parte, el cianuro, como sustancia química tóxica presente en la naturaleza, puede ser letal en ciertas cantidades concentradas; el efecto nocivo y letal más importante de las distintas variedades de cianuro es el de impedir que el oxígeno, que es transportado por los glóbulos rojos de la sangre, llegue a las demás células del organismo, impidiendo así el proceso de respiración celular (6).

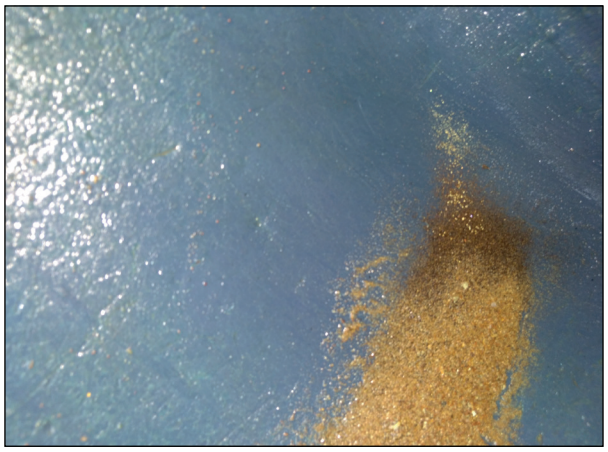
El procedimiento para la extracción de oro mediante amalgamación se inicia con la trituración del material en molinos eléctricos, como se muestra en la Figura 1, en donde se vierte agua y mercurio. La mezcla se agita con la mano y, luego, el material triturado de los molinos pasa a baldes con orificios; esto permite clasificar el material líquido del sólido. El material líquido se deposita en tanques y el material sólido, donde está el mercurio, se traslada a un recipiente de madera, conocido como batea. En la Figura 2, se muestra la agitación del material con agua para ubicar la amalgama (mercurio adherido al oro). La amalgama es sometida a un proceso de calentamiento, para obtener el oro limpio.

Para el proceso de cianuración, los residuos de arena obtenidos después de la trituración de las rocas se depositan en tanques, en los cuales se adiciona agua limpia, cal y soda cáustica, para quemar impurezas, neutralizando el ácido y el pH del agua. Luego se agrega el cianuro. El procedimiento se completa al depositar virutas de zinc, con el propósito de que el oro se adhiera de forma magnética. Finalmente, se lava el zinc, se deja secar y el oro queda en forma de polvo de color negro. El proceso tarda de 2 a 3 meses. El oro queda en forma de polvo después de secar las virutas, como se muestra en la Figura 3 y, finalmente, se funde con soplete, para evaporarlo.

Figura 1. Molinos

Figura 2. Amalgama

Figura 3. Recuperación de oro



La exposición del minero al mercurio y al cianuro es de 2,62 horas diarias. Este lapso incluye: 1) la molienda del material, durante la cual se manipula el mercurio; y 2) el proceso de evaporación para separar el mercurio de la amalgama. Adicionalmente, al material sobrante de la trituración se le agrega cianuro, lo cual conlleva una exposición al químico en el proceso de lixiviación y fundición.

MÉTODOS

Se llevó a cabo una investigación cuantitativa, de tipo descriptivo, entre mayo de 2018 y mayo de 2019. Se definieron de modo sistemático las características de la población y el proceso de amalgamiento de oro. Asimismo, se describieron variables tales como el tiempo en el oficio, la exposición al mercurio y cianuro, la percepción de síntomas y los niveles de concentración de mercurio y cianuro en sangre. Como población objeto del estudio, se eligieron mineros artesanales del municipio de Quinchía, pertenecientes a diez frentes; entre los cuales se seleccionó una muestra por conveniencia de 28 mineros: 24 de ellos con exposición únicamente al mercurio, 2 con exposición directa al cianuro y 2 con exposición al cianuro y mercurio simultáneamente. Las variables de la población y el procedimiento de amalgamiento de oro se obtuvieron mediante una encuesta semiestructurada, aplicada a los mineros sujetos de estudio; así como la percepción de síntomas relacionados con la utilización del cianuro y mercurio en el proceso de amalgamamiento. Los niveles de concentración de mercurio se midieron a través de espectrometría por absorción atómica (AA), efectuada en muestras de 10 ml de sangre total con EDTA. Para la determinación de los niveles de cianuro, se empleó la técnica de colorimetría, en muestras de 5 ml de sangre total con EDTA.

Como criterios de inclusión se tuvieron en cuenta los siguientes: a) frentes mineros seleccionados: Aguas Claras, Alacranes, Corpoare, Chuscal Alto, El Tunel, Guayacanes, La Azucena, La Montaña, Las Vegas y Miraflores; b) tiempo en el oficio; c) exposición a cianuro y mercurio; d) mineros activos y; e) voluntad de participar en el estudio. Para los exámenes médicos, se seleccionaron los mineros cuya actividad estuviese relacionada con el tipo de concentración que se requería medir. Por otra parte, se excluyeron del estudio los mineros pertenecientes a frentes diferentes a los seleccionados para el estudio.

En un primer momento, se caracterizó el proceso de amalgamiento de oro; se llevó a cabo una revisión bibliográfica acerca de sus posibles efectos sobre la salud; y se determinaron las etapas del procedimiento de amalgamiento del oro, así como los elementos de protección personal utilizados. En un segundo momento, se identificaron los factores de riesgos laborales, sus causas y posibles efectos sobre la salud. Una vez identificados, se realizó la encuesta de percepción de síntomas y se tomaron las muestras para determinar, mediante pruebas de laboratorio, las concentraciones de mercurio y cianuro en la sangre presentes en los mineros. Los resultados se registraron y tabularon en Excel para su análisis. Por último, se determinaron las posibles medidas de intervención, tanto preventivas como correctivas.

RESULTADOS

La encuesta, con variables sociodemográficas y percepción de síntomas relacionados con la utilización del cianuro y mercurio en el proceso de amalgamiento del oro, arrojó los resultados que se exponen a continuación. El 96% de los mineros pertenece al sexo masculino y solo un 4% al sexo femenino. En cuanto a la edad, el 89% se encuentra entre los 27 y los 57 años; el 7% entre los 60 años y más; y el 4% entre los 14 y 26 años. El 43% cursó primaria y secundaria incompleta; el 32%, primaria y secundaria completa; el 11% no tiene estudios; y solo el 14% culminó estudios técnicos. Constituye la cabeza del hogar el 93% y el 7% no lo es. El 89% está afiliado al sistema de salud y el 11% no está afiliado. El 96% no está afiliado a un fondo de pensiones y el mismo porcentaje carece de afiliación a una administradora de riesgos laborales (ARL). El 85% pertenece al régimen subsidiado y solo el 8%, al régimen contributivo; el 7% no responde. Cinco de los mineros encuestados cuentan con exámenes de laboratorio previos realizados hace 20 años. Tres obtuvieron resultados positivos; pero ninguno buscó ayuda o recibió tratamiento, y desconocen el tipo de enfermedad diagnosticada.

El 75% de los mineros extraen actualmente el material de Miraflores. El 75% de los mineros son trabajadores independientes; el 10% son líderes de un frente minero; el 4% tiene contrato de trabajo y el 7% es propietario de las

fincas; el 4% es dueño del montaje en donde se lleva a cabo el proceso de recuperación del oro

La técnica utilizada para la recuperación del oro es la amalgamación con mercurio (82%), seguida de la cianuración (14%) y el 4% emplea ambas técnicas. Respecto a las razones por los cuales se utiliza una u otra técnica, el 53% de los encuestados manifiesta que es por facilidad; el 11%, por tradición; el 29%, por no conocer otras alternativas; y el 7% refiere que utiliza otra técnica.

Respecto a los años en el oficio, o a la actividad variable, importante a la hora de medir los efectos sobre la salud por el tiempo de exposición, se encontró que el 36% de los encuestados lleva aproximadamente 20 años dedicados a esta labor; el 50%, entre 21 y 30 años; y el 14%, de 30 a 52 años. Al medirse la frecuencia de trabajo a la semana, se pudo establecer que la actividad minera se lleva a cabo de lunes a domingo; el tiempo dedicado diariamente al proceso de recuperación es de 7 horas, de las cuales 2,6 horas se dedican a la manipulación y contacto con el mercurio y el cianuro.

Respecto al uso de los elementos de protección personal durante la recuperación del oro, se halló que solo el 43% de los mineros usa protección para la cabeza. El 14% usa gafas, aunque el 39% percibe que estas lo protegen. El 25% usa protección para los oídos y el 54% perciben que este elemento no los protege. En cuanto a la protección de las vías respiratorias, el 25% no usa protector respiratorio de ningún tipo, aunque el 54% percibe que lo protege. Para la protección de las manos, el 36% usa guantes, con un porcentaje de percepción de protección del 61%. Las botas son elementos de protección usados por los mineros en un 100%, con una percepción sobre la protección del 64%.

Cuando se les preguntó a los mineros sobre el uso de la retorta (equipo utilizado para la evaporación del mercurio, con el fin de separarlo del oro), el 18% de los mineros refirió que la usa.

A partir de la información obtenida, se logró identificar que los peligros durante el proceso de extracción y recuperación de material son locativos: objetos que caen (93%), atrapamientos (82%), caídas (89%). Entre los peligros químicos están la inhalación de polvos (86%), la inhalación de vapores (89%) y el contacto directo con sustancias toxicas (86%). También se encontró peligro eléctrico por contacto directo (68%) y por contacto indirecto (71%). Así como peligro biomecánico por posturas prolongadas (86%), trabajo dinámico (82%), sostenimiento de carga (100%) y manipulación de carga (100%). El 46% de los mineros encuestados han sufrido accidentes laborales: amputación de dedos, heridas en las manos, aplastamiento de venas del cuello.

Los resultados de la encuesta respecto a la sintomatología relacionada con exposición a mercurio y cianuro se presentan en la tabla 1. Los síntomas, referidos por los mineros por la inhalación de mercurio y cianuro tras la exposición cutánea a ellos, se relacionan con el sistema nervioso, digestivo, trastornos neurológicos y del comportamiento; con síntomas como temblores, insomnio, pérdida de memoria, efectos neuromusculares, cefalea o disfunciones cognitivas y motoras.

Tabla 1. Sintomatología referida por exposición a mercurio y cianuro

Síntomas	Presencia de síntomas
Cambios en la piel	4
Temblores en manos, párpados, lengua y labios	9
Pérdida de memoria	8
Dolor de cabeza	12
Insomnio	4
Pérdida de dientes	6
Inflamación nasal	2
Confusión	0
Cambios de comportamiento	5
Disminución de la agudeza visual	10
Inflamación de las encías	4
Diarrea y vómito	4

Por otra parte, en cuanto al tiempo dedicado al oficio de minería aurífera artesanal, se encontró que el 50% de los mineros lleva en el oficio entre 21 y 30 años. Los resultados detallados al respecto se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Tiempo en el oficio (años)

Tiempo en el oficio (en años)	Cantidad de mineros	Porcentaje (%)
menos de 10	2	7
11-15	5	18
16-20	3	11
21-25	4	14
26-30	10	36
31-35	2	7
más de 35	2	7
Total	28	100

Finalmente, según los exámenes de laboratorio cuyos resultados se muestran en la Tabla 3, el 33% de los mineros presentan concentraciones de mercurio en la sangre entre 4 y 4,9 μg/L. Las concentraciones sanguíneas menores a 10-20 µg/L se consideran dentro de los valores referenciales; sin embargo, la correlación entre el nivel de mercurio y su toxicidad es variable (7).

Tabla 3. Concentración de mercurio en sangre

Concentración de mercurio sangre (µg/L)	Total	Porcentaje (%)
2-2,9	3	13
3-3,9	5	21
4-4,9	8	33
5-5,9	3	13
6-6,9	2	8
>7	3	13
Total	24	100

Los resultados de los exámenes de laboratorio efectuados a 4 mineros, con el fin de determinar la concentración de cianuro en la sangre (Tabla 4), y los resultados arrojados en la encuesta de percepción no fueron coincidentes; puesto que, los mineros refirieron síntomas que pueden estar asociados a exposición por cianuro, pero los resultados arrojados por el laboratorio fueron negativos.

Tabla 4. Mineros expuestos a cianuro o mercurio

Tiempo en el oficio (años)	Concentración de mercurio en la sangre (µg/L)	Test de cianuro
2,7	-	Negativo
3,3	4,6	Negativo
3,4	3,7	Negativo
3,6	-	Negativo

DISCUSIÓN

En este estudio participaron 28 mineros artesanales expuestos a mercurio y cianuro en el proceso de amalgamiento de oro en el municipio de Quinchía. Respecto a las características sociodemográficas, se pudo determinar que la actividad es desarrollada principalmente por hombres, cuyo rango de edad se encuentra en una etapa de adultez, con baja escolaridad; además no se encuentran afiliados a un fondo de pensiones ni a una administradora de riesgos laborales. Tal hallazgo coincide con lo descrito por Muñoz-Vallejo (8). Los resultados muestran, además, que tal como se ha reportado en estudios previos sobre las prácticas de minería aurífera artesanal en Colombia, en cuanto a la cobertura de seguridad social en salud, la mayoría de quienes se dedican a este oficio se encuentran afiliados al régimen subsidiado (9) y hay baja cobertura de los programas desarrollados por el Gobierno (10).

Es evidente que en la minería aurífera se continúa empleando prácticas rudimentarias (11). Si bien el uso del cianuro permite recuperar mayores cantidades de oro que cuando se utiliza mercurio, ambos son peligrosos para la salud humana y para el medio ambiente; puesto que, son sustancias toxicas. A ello se suma el hecho de que las prácticas de cianuración para la recuperación del oro se realizan de una manera inapropiada (12). Por otra parte, según se pudo determinar, los mineros utilizan el mercurio por facilidad; hecho que también ha reportado Güiza (13), en cuyo estudio refiere que en la minería aurífera se emplea el mercurio por facilidad, rapidez y economía.

Debido a estas prácticas, los metales pesados son descargados en el ambiente (14); y con el tiempo, cuando hay una exposición prolongada, estas sustancias químicas penetran al organismo, tanto por vía dérmica como por vía respiratoria, y afectan la salud (15,16). Los mineros artesanales reconocen que la exposición a estos elementos constituye un riesgo para la salud; sin embargo, los conocimientos al respecto y las medidas de protección que emplean son insuficientes (17); son escasos el uso de elementos de protección personal (18) y de equipos que minimicen la exposición (19). Los accidentes que ocurren obedecen a la escasa utilización de los elementos de protección personal. Se facilita la inhalación de vapores durante la quema de la amalgama; lo mismo ocurre cuando no se utilizan guantes, pues, mientras se realiza la mezcla del material con el cianuro y mercurio, las manos entran en contacto con estas sustancias y así, a través de la piel, son absorbidas por el organismo. En cuanto al uso de equipos de protección colectiva, como las retortas para la quema de la amalgama, momento en el cual existe mayor riesgo de exposición (20), se constató su desconocimiento al respecto.

Es claro que la inexistencia de protocolos de seguridad para el desarrollo de la actividad genera diversas lesiones y padecimientos de salud. Como lo señala la Organización Mundial de la Salud y se ha confirmado en diversos estudios, la exposición al mercurio tiene efectos nocivos para la salud, asociados con síntomas como cefalea, náuseas, lesiones de la mucosa oral, pérdida de la memoria, cambios emocionales (depresión y ansiedad), alteraciones neurológicas, amnesia e insomnio (22-25).

Los niveles de mercurio, detectados en los mineros de Quinchía que participaron en el estudio, demuestran que ha habido una exposición crónica. Por otra parte, los síntomas relacionados con la exposición a cianuro, referidos por ellos, concuerdan con los identificados por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de los Estados Unidos (6). No obstante, cuando se pretende conocer los efectos que tiene sobre la salud la exposición crónica a mercurio y cianuro, acumulada en el organismo, es preciso considerar tanto los años de exposición como la percepción de síntomas y el grado de concentración de dichas sustancias tóxicas (26); puesto que, la sintomatología presente, cuando ha habido exposición crónica a ellas, es similar a otros cuadros clínicos neurológicos de diversa etiología (9). Por consiguiente, se considera que es necesario realizar exámenes complementarios.

Lo observado en el desarrollo de esta investigación permite inferir que las medidas de control adoptadas por el Gobierno nacional —por ejemplo, mediante la Ley 1658 de 2013 (27) que regula la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país—, hasta el momento, no han sido efectivas; pues se siguen utilizando sustancias tóxicas prohibidas. Aun cuando la legislación nacional y ciertos acuerdos internacionales contienen disposiciones para controlar la proliferación y limitar el uso del mercurio (28), en las prácticas actuales de minería aurífera se emplean métodos y herra-

mientas para el proceso del amalgamiento del oro que, como lo ha señalado la Organización Mundial de la Salud, generan efectos nocivos sobre la salud. Los mineros artesanales del municipio de Quinchía desconocen los protocolos de seguridad; las técnicas y equipos que emplean son inapropiados y no usan los elementos de protección personal requeridos. Es claro, entonces, que tal como sucede en otras regiones del país y de Suramérica (29) en donde se practica la minería aurífera, hace falta capacitación y sensibilización, con el fin de minimizar el impacto de tales prácticas sobre la salud.

Como lo han señalado diversos estudios, los mineros informales se siguen catalogando como ilegales y no se presta atención a la minería de subsistencia; y, por ende, lo más probable es que se sigan presentando conflictos entre las partes: mineros y Gobierno (30). Por ello, es importante que las políticas públicas respecto a la explotación minera se coordinen de forma articulada (31). En el contexto nacional, la implementación de programas de asistencia técnica, mejoramiento tecnológico y la eficiencia en la fiscalización de los títulos mineros incidirán en una disminución de la actividad minera (32). Es evidente la necesidad de elevar la vigilancia de la exposición; por lo que, es fundamental fortalecer la capacidad de los trabajadores de la salud para el diagnóstico precoz, el tratamiento apropiado y la rehabilitación de las personas cuyo estado de salud puede verse afectado por estas prácticas.

Teniendo en cuenta, el esfuerzo del Gobierno para contrarrestar los efectos sobre la salud y el ambiente generados por el uso de mercurio y cianuro para el amalgamiento del oro, es importante dar a conocer las mejores prácticas a nivel nacional e internacional para la recuperación del oro.

Los hallazgos de esta investigación, que coinciden con los de otros estudios que se han ocupado de la misma problemática, muestran la necesidad de que las autoridades establezcan medidas correctivas y preventivas —exámenes médicos ocupacionales y monitoreo constante del estado de salud de los mineros, entre otras—; debido a que, están expuestos a una actividad económica de riesgo clase V, según la clasificación para el sistema general de riesgos laborales (33,34). Es preciso, además, establecer sistemas de vigilancia epidemiológica en relación con los factores de riesgos químicos, biomecánicos y locativos (35). Asimismo, debe promoverse la capacitación de quienes se dedican a la minería aurífera en el uso de tecnologías limpias que fomenten el cuidado de la salud y el medio ambiente. Para tal fin, sería de gran utilidad conocer y difundir iniciativas aplicadas por otras comunidades mineras (31,36,37); así como acompañar el proceso de formalizar la asociación minera (38,39). Otro aspecto fundamental es el apoyo para el diseño del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo —tal como lo determina el Decreto Único Reglamentario 1072 de 2015 (título 4, capítulo 6) y la Resolución 0312 de 2019 del Ministerio de Trabajo colombiano, donde se establecen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) —.

A nivel de los mineros, se debe promover la adquisición y el uso de los elementos de protección individual, la afiliación al sistema de riesgos laborales y la adopción de técnicas alternativas para la recuperación del oro. A la academia le corresponde brindar espacios de formación y capacitación que promuevan estilos de vida saludable y toma de conciencia sobre el estado de salud y el medio ambiente.

La concentración de mercurio en la sangre, encontrada en las pruebas realizadas a los mineros sujetos a investigación, demuestra exposición crónica. Los resultados de cianuro en sangre fueron negativos, no coinciden con la percepción de síntomas; se sugiere practicar exámenes complementarios. En general, los resultados obtenidos son similares a los de estudios efectuados en otras regiones del país. Las concentraciones de mercurio y cianuro en la sangre se asocian con el tiempo en el oficio, las horas de exposición a mercurio y la percepción de síntomas. Pese a que se reconoce su toxicidad, aún se emplean métodos tradicionales y prohibidos sin tener en cuenta los protocolos de seguridad y sin emplear los elementos de protección adecuados. Los mineros constantemente están expuestos a procedimientos que implican riesgos para la salud, sin que se tomen medidas de prevención; y refieren sintomatología que no ha sido diagnosticada y que podría afectar el organismo a largo plazo ❦

Financiación: El proyecto fue financiado por la Dirección General de Investigación de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (Uniminuto).

Conflicto de intereses: Ninguno.

Agradecimientos: Los autores agradecen a las personas que colaboraron para llevar a cabo esta investigación. En especial, al señor Carlos Felipe Mesa Giraldo, que de una manera desinteresada realizó aportes bibliográficos y lectura crítica en la redacción del artículo. A las autoridades municipales y a los mineros informales del municipio de Quinchía, por su colaboración y disponibilidad durante cada una de las fases del proyecto. También es preciso mencionar a directivos y compañeros de trabajo que siempre estuvieron dispuestos a aclarar dudas. Nuestro agradecimiento, por siempre, a Dios.

REFERENCIAS

1. Ley 685 de 2001 (CO).
2. Organización Mundial de la Salud. El mercurio y la salud [Internet]. [place unknown]: Organización Mundial de la Salud; 2017 Mar 31 [Cited 2019 May 7]. Available from: https://bit.ly/2WNycDB.
3. León DE, Peñuela GA. Trascendencia del metilmercurio en el ambiente, la alimentación y la salud humana. Prod + Limpia 2011 [Cited 2019 May 7]; 6(2):108-116. Available from: https://bit.ly/2WP3Nou.
4. Böse-O'Reilly S, Drasch G, Beinhoff C, Maydl S, Vosko MR, Roider G, et al. The Mt. Diwata study on the Philippines 2000-treatment of mercury intoxicated inhabitants of a gold mining area with DMPS (2,3-Dimercapto-1-propane-sulfonic acid, Dimaval). Sci Total Environ. 2003 [Cited 2019 May 7]; 307(1-3):71-82. Available from: https://bit.ly/2To6J9k. DOI:10.1016/S0048-9697(02)00547-8.
5. Saunders JE, Jastrzembski BG, Buckey JC, Enriquez D, MacKenzie TA, Karagas MR. Hearing loss and heavy metal toxicity in a Nicaraguan mining community: audiological results and case reports. Audiol Neurotol. 2013 Jan [Cited 2019 May 7]; 18(2):101-113. Available from: https://bit.ly/2XhP0l4. DOI:10.1159/000345470.
6. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Resúmenes de Salud Pública: Cianuro (Cyanide) [Internet]. [place unknown]: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2007 [Updated 2016 May [Cited 2019 May 7]. Available from: https://bit.ly/36fYku5.
7. Podleski EO, Ortiz JE, De-García G. Determinación de trazas de metales en muestras biológicas y ambientales: Manual de procedimientos [Internet]. Bogotá: Instituto Nacional de Salud; 1992 [Cited 2019 May 7]. Available from: https://bit.ly/3bLPO77.
8. Muñoz-Vallejo LF; García-Ardila LF; Rodríguez-Gázquez, MA. Percepción sobre daños a la salud y utilidad de medidas de protección de personas expuestas ocupacionalmente al mercurio en la minería del oro. Rev Lasallista Investig. 2012 [Cited 2019 May 7];9(1):53-61. Available from: https://bit.ly/3cPZtLd.
9. Brooks WE. Colombia Mercury Inventory 2011. Geol. Colomb. 2012 [Cited 2019 May 7]; 37:15-50. Available from: https://bit.ly/36fxHFq.
10. Doria E, Marrugo J, Pinedo J. Exposición a mercurio en trabajadores de una mina de oro en el norte de Colombia. Salud Uninorte 2013 [Cited 2019 May 7]; 29(3):534-541. Available from: https://bit.ly/2TsjJeq.
11. Osorio-García SD, Hernández-Florez LJ, Sarmiento R, González-Álvarez YC, Perez-Castiblanco DM, Barbosa-Devia M, et al. Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013. Rev. Salud Pública (Bogotá). 2014 Aug [Cited 2019 May 7]; 16(4):621-628. Available from: https://bit.ly/2TmLKDY.
12. Díaz FA. Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano. Rev. Salud Pública (Bogotá) 2014 [Cited 2019 May 7]; 16(6):947-957. Available from: https://bit.ly/2Xf6j6n. DOI:10.15446/rsap.v16n6.45406.
13. Güiza L, Aristizábal JD. Mercury and gold mining in Colombia: a failed state. Univ Sci 2013 [Cited 2019 May 7]; 18(1):33-49. Available from: https://bit.ly/2LHhcZz.
14. Madrid G, Gracia L, Marrugo J, Urango I. Genotoxicidad de metales pesados (Hg, Zn, Cu, Pb y Cd) asociado a explotaciones mineras en pobladores de la cuenca del río San Jorge del departamento de Córdoba, Colombia. Rev Asoc Colomb Cienc Biol. 2011 [Cited 2019 May 7]; 23:103-111. Available from: https://bit.ly/3bMpCZZ.
15. Gasca, AP. Exposición ambiental a mercurio en la minería aurífera: evaluación del impacto sobre la salud en Guainía, Colombia. Rev. Salud Pública (Bogotá). 2000 [Cited 2019 May 7]; 2(3):233-250. Available from: https://bit.ly/2ZlHmc9.
16. Fajardo JA, Burbano DC, Burbano EJ, Apráez NJ, Rosero M. Estudio de métodos químicos de remoción de cianuro presente en residuos de cianuración provenientes del proceso de extracción de oro de veta en el departamento de Nariño. Rev Luna Azul. 2010 [Cited 2019 May 7]; 31:8-16. Available from: https://bit.ly/2XhZdxU.
17. Robledo-Martínez R, Agudelo-Calderón CA, García-Ubaque JC, García-Ubaque CA, Osorio-García SD. Calidad de vida y ambiente en comunidades próximas a la actividad de minería industrial en Boyacá, Colombia. Rev Salud Pública (Bogotá) 2017 [Cited 2019 May 7]; 19(4):511-518. Available from: https://bit.ly/2zSeDkA. DOI:10.15446/rsap.V19n4.70324.
18. Idrovo AJ, Manotas LE, Villamil G, Ortiz JE, Romero SA, Azcárate C, et al. Niveles de mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Orinoquía colombiana). Biomédica 2001 Jun [Cited 2019 May 7]; 21(2):134-141. Available from: https://bit.ly/2WLZElk.
19. Olivero-Verbel J, Young-Castro F, Caballero-Gallardo K. Contaminación por mercurio en aire del distrito minero de San Martín de Loba en el departamento de Bolívar, Colombia. Rev Int Contamin Ambient. 2014 Feb [Cited 2019 May 7]; 30(1):7-13. Available from: https://bit.ly/3cRcfJr.
20. Conant J, Fadem P. La minería y la salud. En Conant J, Fadem P. Guía comunitaria para la salud ambiental [Internet]. Berkeley (CA): Hesperian; 2011 [citado 2019 May 7]. p. 470-497. Available from: https://bit.ly/2zSTG99.
21. Casas IC, Gómez E, Rodríguez LM, Girón SL, Mateus JC. Hacia un plan nacional para el control de los efectos del mercurio en la salud en Colombia. Biomédica 2015 [Cited 2019 May 7]; 35(Supl. 2):30-37. Available from: https://bit.ly/2X8nzdq. DOI:10.7705/biomedica.v35i0.2458.
22. Olivero J, Mendonza C, Mestre J. Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el norte de Colombia. Rev Saúde Pública 1995 Oct [Cited 2019 May 7]; 29(5):376-379. Available from: https://bit.ly/3bQPC6u. DOI:10.1590/S0034-89101995000500006.
23. Vargas M, Quiroz C. Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental, Colombia, 2008-2009. Rev Fac Nac Salud Pública 2011 Dec [Cited 2019 May 7]; 29(4):461-468. Available from: https://bit.ly/2LJjqHA.
24. Tirado V, García MA, Moreno J, Galeano-Toro LM, Lopera F, Franco A. Alteraciones neuropsicológicas por exposición ocupacional a vapores de mercurio en El Bagre (Antioquia, Colombia). Rev Neurol. 2000 [Cited 2019 May 7]; 31(08):712-716. Available from: https://bit.ly/3e2MZjG. DOI:10.33588/rn.3108.2000237.
25. Olivero J, Johnson B. El lado gris de la minería del oro: la contaminación con mercurio en el norte de Colombia. Cartagena (CO): Universidad de Cartagena; 2003.
26. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala [Internet]. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 2012 Dec [Cited 2019 May 7]. Available from: https://bit.ly/2zjVXtY.
27. Ley 1658 de 2013 (CO).
28. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Evaluación mundial sobre el mercurio. Ginebra: PNUMA Productos Químicos; 2005 [Cited 2018 May 7]. Available from: https://bit.ly/2AQxyNn.
29. Veiga MM, Meech JA. Reduction of mercury emissions from gold mining activities and remedial procedures for polluted sites. En: Azcue JM, editor. Environmental impacts of mining activities [Internet]. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 1999 [Cited 2019 May 7]. p. 143-162. Available from: https://bit.ly/36gj2tK.
30. Español-Cano S. Contaminación con mercurio por la actividad minera. Biomédica. 2012 Sep [Cited 2019 May 7]; 32(3):309-11. Available from: https://bit.ly/36jNhjj.
31. Equipo MMSD América del Sur. Minería, minerales y desarrollo sustentable en América del Sur [Internet]. Santiago de Chile: Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente (CIPMA), Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC); 2002. Capítulo 2, Hallazgos y desafíos desde la investigación. [Cited 2019 May 7]. Available from: https://bit.ly/2LKdXjV.
32. Ortiz-Riomalo JF, Rettberg A. Minería de oro, conflicto y criminalidad en los albores del siglo XXI en Colombia: Perspectivas para el posconflicto colombiano. Colomb. Int. 2018 [Cited 2019 May 7]; 93:17-63. Available from: https://bit.ly/2Zm4Ei8. DOI:10.7440/colombiaint93.2018.02.

33. Decreto 1607 de 2002 (CO).
34. Pérez-Ortega G, Branch J, Arango M. El sector minero en el nordeste antioqueño: una mirada a la luz de la teoría de las capacidades y los recursos. Bol Cienc Tierra. 2009 [Cited 2019 May 7]; 25:111¬120. Available from: https://bit.ly/36gSwjX.
35. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala [Internet]. Ginebra, Suiza: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; 2008 [Cited 2019 May 7]. Available from: https://bit.ly/2X8JAc4.
36. Sandoval F. La pequeña minería en el Ecuador [Internet]. [place unknown] International Institute for Environment and Development; 2001 [Cited 2019 May 7]. Available from: https://bit.ly/2WME2VK.
37. Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética. Producción más limpia en la minería del oro en Colombia: mercurio, cianuro y otras sustancias. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética; 2007.
38. Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia). Proyecto Mercurio Global GMP-2: Introducción de tecnologías más limpias en la minería y extracción del oro artesanales. ONUDI, Corantioquia; 2012 [Cited 2019 May 7]. Available from: https://bit.ly/3e7wwum.
39. Chaparro E. La llamada pequeña minería: un renovado enfoque empresarial [Internet]. Santiago de Chile: Naciones Unidas; 2000 Jul [Cited 2019 May 7]. Available from: https://bit.ly/2XekusC.