

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN
Facultad de Ciencias Médicas
Carrera de Medicina



Tesis para optar al título de Doctor en Medicina y Cirugía

Repercusiones sistémicas por exposición a mercurio (Hg) en trabajadores de la cooperativa "Pequeños Mineros de Occidente", en el municipio de Somotillo (Chinandega) año 2019-2020.

Elaborado por:

- Bra. Bianca Tsunami Pacheco Ruiz
- Bra. Nubia María Pastora Espinoza

Tutor: Luis E. Blanco Romero. MSc, PhD.

Profesor Titular, Dpto. Salud Pública.

“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”



AGRADECIMIENTOS:

- **Bra. Pacheco Ruiz Bianca Tsunami:**

Primeramente, agradezco a *Dios* por permitir llegar hasta acá. Así mismo por darme la fuerza y la salud necesaria para cumplir con mis propósitos.

A mis *padres*, el motor que me ha impulsado a cumplir con cada uno de mis sueños. Ellos, que han estado ahí hasta en momentos de debilidad, quienes han dado todo de sí mismos para enseñarme que la vida es de altas y bajas.

A mi compañera de tesis y mejor amiga, *Nubia Pastora*, que fue más que mi mano derecha durante la realización de este trabajo investigativo. A *Cynthia Popp Sequeira* que nos apoyó durante muchas etapas de ejecución del mismo.

A nuestro tutor de Tesis, el Dr. Luis Blanco, por motivarnos a realizar un buen trabajo y por siempre dedicar su tiempo en cada una de las reuniones para obtener los mejores resultados.

- **Bra. Pastora Espinoza Nubia María:**

Primeramente, agradezco a Dios por poner buenas personas en mi camino y darme las fuerzas para poder culminar este trabajo investigativo.

A mis padres y hermano mayor, por ser los principales responsables de esta meta alcanzada, por siempre dar lo mejor de ustedes

A mi abuelo, por ser mi mejor amigo y consejero, no tengo palabras para expresar mi agradecimiento y amor por usted, muchas gracias por ayudarme a ser la persona que soy hoy.

A mi compañera de tesis, mejor amiga y hermana, Bianca Pacheco, por siempre trabajar hombro a hombro conmigo, por sus palabras de aliento en los momentos que más las necesite y por ser esa amiga incondicional desde hace 10 años.

Mi amiga Cynthia Popp, por su apoyo en la realización de este trabajo investigativo y por su amistad todos estos años de carrera y por los que están por venir.



DEDICATORIA:

- **Bra. Pacheco Ruiz Bianca Tsunami:**

Deseo dedicarle esta prueba del esfuerzo y sacrificio que el día de hoy me permite culminar una etapa importante de mi vida.

A mis padres: Quienes me apoyaron desde un inicio a cumplir con este hermoso sueño, sino que dedicaron tiempo y paciencia durante estos 6 años de carrera. Las palabras sobre esta hoja no podrán expresar todo lo que quiero agradecerles.

A mi hermana, Tamara Pacheco, porque siempre estuvo apoyándome y porque se convirtió en una de las más grandes razones para seguir adelante.

A mi compañera de tesis y mejor amiga, *Nubia Pastora*, que fue más que mi mano derecha durante la realización de este trabajo investigativo. A *Cynthia Popp Sequeira* que nos apoyó durante muchas etapas de ejecución del mismo.

- **Bra. Pastora Espinoza Nubia María:**

A mi madre Alba Nubia Espinoza y a mi padre Mario José Pastora (QEPD) por haber sido mi mayor apoyo en la vida y enseñarme que nada en la vida es fácil y que si deseo algo debo trabajar por ello.

A mi hermano mayor José Ramón Pastora por siempre estar ahí para mí en las buenas y en las malas, eres el mejor hermano.

A mi abuelo y segundo padre José Ramón Espinoza Mondragón (QEPD) por ser la mejor persona que pude haber conocido.

A mi tía Raquel Espinoza, por ser otra figura materna en mi vida y por siempre brindarme su apoyo.

A mi compañera de tesis y mejor amiga Bianca Pacheco, por ser la mejor compañera que pude tener y Cynthia Popp, por su apoyo en la realización de este trabajo investigativo.

A nuestro tutor de Tesis, el Dr. Luis Blanco, por siempre dar lo mejor de sí para la realización de este trabajo investigativo.



RESUMEN

OBJETIVO: Determinar las repercusiones sistémicas por exposición a Mercurio (Hg) en trabajadores de la cooperativa “Pequeños Mineros de Occidente” en el municipio de Somotillo (Chinandega) año 2019.

METODOLOGÍA: Se realizó un estudio de corte transversal descriptivo el cual se ejecutó en la cooperativa “Pequeños Mineros de Occidente” ubicada en el municipio de Somotillo (Chinandega), dicha cooperativa consta de 63 trabajadores en total que se dedican tanto al proceso de extracción como de amalgamación del oro. Se tomaron a todos ellos para que el estudio sea significativo. Se aplicó un cuestionario a los trabajadores que cumplan con nuestros criterios de inclusión y con el consentimiento informado previamente firmado, el cuestionario consta de pregunta relacionadas con características sociodemográficas de ellos (sexo, edad, procedencia, escolaridad, etc.), características de su actividad laboral actual (tipo y área de trabajo), manifestaciones sistémicas asociadas a su actual trabajo y nivel exposición a mercurio (el cual se determina con un score semi-cuantitativo).

RESULTADOS: Se registró que el 39.7% de los trabajadores presentaron alta exposición a mercurio; así mismo, se obtuvo que las principales alteraciones reportadas por los trabajadores se asocian con el sistema dermatológico. Sin embargo, se determinó que la asociación entre la exposición a mercurio y las alteraciones presentadas por los trabajadores no es significativa.

CONCLUSIÓN: No existe asociación significativa entre el nivel de exposición a mercurio y las repercusiones sistémicas que manifiestan los trabajadores de la cooperativa Pequeños Mineros de Occidente

Palabras claves: Exposición a mercurio, repercusiones sistémicas, minería artesanal, mercurio elemental



ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN 7

ANTECEDENTES 9

JUSTIFICACIÓN 11

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12

OBJETIVOS 14

 GENERAL..... 14

 ESPECÍFICOS 14

MARCO TEÓRICO..... 15

 Características químicas del mercurio 15

 • Cuadro N°1: Características fisicoquímicas del mercurio. 15

FUENTES DE MERCURIO:..... 16

PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ORO EN LA MINERÍA ARTESANAL 16

VÍAS DE EXPOSICIÓN 17

TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN 18

ELIMINACIÓN 19

ALTERACIONES SISTÉMICAS 19

 Neurotoxicidad..... 19

 • Cuadro N° 2: Alteraciones a nivel del sistema nervioso central. 20

 Nefrotoxicidad:..... 20

 Cardiotoxicidad: 21

 Toxicidad a nivel gastrointestinal:..... 22

 Toxicidad a nivel del sistema inmunológico:..... 22

 Alteraciones a nivel del sistema endocrino: 22

MÉTODOS DIAGNÓSTICOS: 23

 Exámenes de laboratorio para determinar niveles de mercurio en muestras biológicas 23

 • Cuadro N° 3: Valores de referencia para mercurio en muestras biológicas. 24

 Pruebas de laboratorio clínico: 25

 Cuestionario-16 (Q-16)..... 25

MEDIDAS DE PROTECCIÓN A EMPLEAR EN LA MINERÍA ARTESANAL..... 25

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL ESPECÍFICOS PARA EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS QUÍMICAS:
..... 26



DATOS EPIDEMIOLÓGICOS DE LA MINERÍA ARTESANAL	26
DISEÑO METODOLÓGICO:.....	28
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	30
Análisis de datos.....	35
Aspectos éticos:.....	35
RESULTADOS:	36
DISCUSIÓN.....	41
CONCLUSIONES:	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS	52
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	53
Ítem a: CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICA	53
Ítem b: ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS.....	53
Ítem c: ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS.....	54
Ítem d: ACTIVIDAD QUE DESEMPEÑA ACTUALMENTE	55
Ítem e: ANTECEDENTES LABORALES	55
Ítem f: PATOLOGÍAS QUE HA PRESENTADO LUEGO DE LABORAR EN SU ACTUAL TRABAJO.....	55
Ítem g: Uso de Equipo de Protección Personal (EPP):.....	56
Cuestionario Q16.....	57
CONSENTIMIENTO INFORMADO:.....	59



INTRODUCCIÓN

La alta exposición a mercurio de los trabajadores de minas artesanales, tanto a nivel local como a nivel global, se ha convertido en un problema de salud pública en las últimas décadas, debido a la utilización significativa de este metal como recurso principal para la extracción de oro (1,2).

La contaminación por mercurio inorgánico en personas que laboran en minería artesanal ha sido documentada por muchos investigadores en numerosos países del mundo. Los reportes describen los niveles de mercurio en diferentes muestras biológicas, las alteraciones orgánicas y los factores asociados a ello. Los países que se han destacado en este tema son: Perú, Colombia, Ecuador, Indonesia, Ghana y Tanzania (3-10).

Los niveles de exposición a mercurio están relacionados con alteraciones sistémicas. Los valores de mercurio en orina $\leq 5 \mu\text{g/g}$ creatinina se considera un nivel bajo, $5-20 \mu\text{g/g}$ moderada y $> 20 \mu\text{g/g}$ un nivel alto de exposición. Los niveles medio y alto están más relacionados con intoxicación por mercurio (11).

Las alteraciones reportadas en más del 80% de los estudios realizados en esta población se asocian con el Sistema Nervioso Central (SNC) y el Sistema Nervioso Periférico (SNP) (11). Otros, además de exponer las alteraciones a nivel del sistema nervioso, exponen alteraciones a nivel del sistema cardiovascular, digestivo, endocrino, inmunológico, reproductivo y/o respiratorio (6, 7, 10,12).

En Nicaragua, se han realizado pocos estudios en donde se documenta la utilización de mercurio para la obtención de oro en minas artesanales más bien, donde se documente la exposición de los trabajadores, sus afectaciones y factores asociados. En ellos, se menciona el efecto tóxico de este metal desde la perspectiva del saber en toxicología, pero no por estudios de los que escriben los reportes, así como los posibles efectos a la salud y los factores que lo determinan, pero no se ha detallado si estos trabajadores manifiestan una o más alteraciones sistémicas abordar la falta de estudios que describan las alteraciones a la salud de artesanos mineros nicaragüenses (8, 13,14).



Esta investigación pretende dar a conocer cuáles son los niveles de exposición a mercurio, así como, las repercusiones sistémicas asociadas a esta y la significancia de la ausencia o mala utilización del equipo de protección en la población a estudiar para así poder crear medidas de intervención que disminuyan las alteraciones sistémicas presentes y futuras



ANTECEDENTES

La contaminación por mercurio inorgánico en personas que laboran en minería artesanal ha sido documentada por muchos investigadores en diferentes países del mundo; lo que ha sido reportado con respecto al tema se basa en la determinación de los niveles de mercurio en diferentes muestras biológicas o la identificación de alteraciones orgánicas, así como, los factores asociados a ello. Los países que más se han destacado en este tema han sido: Perú, Colombia, Ecuador, Indonesia, Ghana y Tanzania ⁽³⁻¹⁰⁾.

En Perú y en Indonesia la minería artesanal es realizada tanto por hombres como mujeres. Sin embargo, en Ecuador todas las personas estudiadas eran del sexo masculino. ^(3,15,16) Monteagudo reportó que el grupo de edad más afectado por la exposición a mercurio comprende entre 24-34 años ⁽¹⁶⁾. Harari & Gerhardsson y Basri, & Masayuki presentan que la media de edad comprende entre los 30 y los 40 años ⁽³⁾.

Los valores límites de referencia de mercurio difieren de acuerdo con el estudio, esto debido al tipo de muestra utilizada para determinar los niveles de este metal.

Monteagudo determinó los niveles de mercurio en muestras de orina de los trabajadores. Manifestó que 67.74% ^(15,16) de la población estudiada presenta algún grado de intoxicación por mercurio con valores mayores al límite permisible ($>40\mu\text{g/L}$) ⁽¹⁵⁾, mientras que Muñoz García para analizar los niveles de mercurio en los trabajadores tomó muestras de sangre, y el nivel límite utilizado en este estudio fue $11\mu\text{g/L}$. El 72% ⁽¹⁷⁾ de los trabajadores presentaron niveles de mercurio en sangre $\geq 11\mu\text{g/L}$ ⁽⁴⁾.

Basri & Masayuki evaluaron los niveles de mercurio en cabello. El límite permisible utilizado en su estudio fue de 1-4 $\mu\text{g.Hg/g}$ de cabello. El 91.1% (41) presentó niveles $>5\mu\text{g.Hg/g}$ de cabello ⁽¹⁶⁾.



Muñoz, documentó algunas alteraciones en los trabajadores al momento del estudio las cuales asoció con la alta exposición a Mercurio, tales como temblores en alguna parte del cuerpo, continuos dolores de cabeza, infección en vías urinarias frecuente irritabilidad, ansiedad, inflamación en las encías y/o diarrea ⁽⁴⁾. En cambio, Harari & Gerhardsson y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), determinaron que las concentraciones de Hg se asociaron con un incremento en la frecuencia central del temblor, así como en el tiempo de reacción y la estabilidad postural ^(3,18).

Basri & Masayuki establecieron que la duración de la exposición, la ruta de exposición y la cadena alimentaria son los principales factores que determinan el nivel de exposición de Hg y si se producen efectos en la salud ⁽¹⁶⁾.

Los determinantes de exposición documentados en los trabajos investigativos mencionados anteriormente se resumen en que los trabajadores no utilizan de forma adecuada el equipo de protección personal, ya sea porque desconocen tanto la importancia de este como las alteraciones orgánicas que puede generar la exposición directa e indirecta a mercurio. De igual manera, esto se relaciona con el horario laboral ⁽¹⁹⁾.

Por ello, concluimos que, la población estudiada se expone a altos niveles de mercurio, ya sea de forma directa como indirecta. La mayoría de las alteraciones asociadas a dicha exposición, documentadas en muchos estudios, pertenecen al SNC, pero pocos trabajos investigativos proporcionan información sobre alteraciones en otros órganos o sistemas.



JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la actividad minera ha aumentado en Nicaragua, ya que se ha convertido en una de las principales fuentes de trabajo en el área rural del país. Se calcula que, aproximadamente, 30,000 nicaragüenses se dedican a esta labor ⁽⁵⁾.

En el país, la minería artesanal ha contribuido con la estabilidad económica de estos trabajadores, se conoce que, en la mayoría de estas minas, se utiliza mercurio inorgánico para la obtención de oro. Esto trae consigo efectos tóxicos a la salud que pueden variar en severidad de acuerdo con el grado de exposición ⁽⁶⁾, pero en Nicaragua no hay suficientes reportes investigativos ejecutados en la región del pacífico sobre la exposición a este elemento tóxico, así como también sobre los signos y síntomas asociados en dependencia de los niveles de este metal tanto en sangre como en orina.

Por ello, el propósito de esta investigación es dar a conocer cuáles son las repercusiones sistémicas asociadas a la exposición a mercurio y a la ausencia o mala utilización del equipo de protección en la población a estudiar.

Los resultados obtenidos se utilizarán para dar a conocer tanto a la sociedad en general como a la comunidad universitaria sobre la exposición directa e indirecta a mercurio de estos trabajadores con el fin de mostrar la importancia de los efectos nocivos de este metal y, de igual forma, incentivar la continuidad de este eje investigativo.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En una gran cantidad de minas artesanales, tanto a nivel mundial como nacional, se utiliza Mercurio para la obtención de oro. Como consecuencia de lo mencionado anteriormente, se sabe que no solo hay afectación a nivel ambiental, sino también a nivel de la salud de los trabajadores, así como, de la población en general. (7)

Gracias a diversas investigaciones realizadas en países como Perú y Ecuador se conoce que una cantidad considerable de personas (tanto trabajadores como pobladores en general que habitan cerca del lugar en donde se lleva a cabo la actividad minera) se exponen de forma directa e/o indirecta a este metal. Esto asociado a la falta de utilización de equipo de protección, así como del conocimiento sobre el uso adecuado de este (4, 8,15). Así mismo, se conoce que la mayoría de los trabajadores expuestos manifiestan alteraciones sistémicas como consecuencia de lo expuesto con anterioridad (4, 7,9).

En Nicaragua, se ha realizado una cantidad significativa de estudios en donde se determina la intoxicación por mercurio (metilmercurio) asociada a la ingesta de mariscos provenientes de fuentes hídricas contaminadas con este metal (10-20). Sin embargo, se han realizado pocos estudios en donde se documenta la utilización de Mercurio para la obtención de oro en minas artesanales. En ellos, se menciona el efecto toxico de este metal, así como los posibles efectos a la salud y los factores que lo determinan (21).

Se estima que más de 30,000 nicaragüenses se dedican a laborar en minas artesanales localizadas en diferentes puntos del país como Chontales, Triángulo Minero, Estero Real, etc. La cooperativa "Pequeños Minero de Occidente" se encuentra ubicada en el municipio de Somotillo del departamento de Chinandega, lugar en el cual hace más de una década esta labor ha aumentado exponencialmente, pero no se ha realizado ningún tipo de estudio de esta índole en esta población.



Pero en Nicaragua, específicamente en la región del pacífico, no hay suficientes reportes investigativos sobre la exposición a Mercurio elemental, así como también, sobre los signos y síntomas asociados en dependencia de los niveles de este metal tanto en sangre como en orina. De acuerdo con lo anterior, nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las repercusiones sistémicas asociadas a la exposición a Mercurio (Hg) en trabajadores de la cooperativa “Pequeños Mineros de Occidente” en el municipio de Somotillo (Chinandega) año 2019-2020?



OBJETIVOS:

GENERAL:

Determinar las repercusiones sistémicas por exposición a mercurio (Hg) en trabajadores de la cooperativa “Pequeños Mineros de Occidente” en el municipio de Somotillo (Chinandega) año 2019-2020.

ESPECÍFICOS:

1. Describir las características sociodemográficas de la población a estudiar.
2. Identificar las alteraciones sistémicas más comunes relacionadas con la exposición a mercurio en los trabajadores.
3. Establecer los determinantes de exposición a mercurio.



MARCO TEÓRICO

Características químicas del mercurio

El mercurio (Hg) es un metal pesado que puede encontrarse en la naturaleza en tres formas primarias: mercurio elemental, compuestos inorgánicos y en forma de mercurio orgánico (22). Es el único metal que se conserva en estado líquido a temperatura ambiente. El aire saturado con mercurio a 20 °C contiene alrededor de 15 mg/m³, mientras que a 40 °C contiene 68 mg/m³ (23). Algunas de las propiedades del mercurio se muestran en la tabla 1.

- **Cuadro N°1: Características fisicoquímicas del mercurio.**

Propiedades del Mercurio (Hg)			
N° atómico	80	Formas en la naturaleza	Estado nativo
Peso atómico	200,59		Complejos inorgánicos
Punto de fusión	-38.9°C		Complejos inorgánicos
Punto de ebullición	356,6°C		Sulfuros mercúricos y sulfosales mercúricas estables
Densidad	13,55g/cm ³ a 25°C		
Solubilidad	6*10 ⁻⁵ g/l a 25°C	Minerales principales	Cinabrio
Presión de vapor	1,22*10 ⁻⁵ mm a 20°C 2,8*10 ⁻⁵ mm a 30°C		Livigstonia
Estado de oxidación	0, I y II		Metacinabrio

Fuente: Lominchar M. A., Sierra M. J. et al. Estudio del Comportamiento y Distribución del Mercurio Presente en Muestras de Suelo Recogidas en la Ribera del Río Valdeazogues. Editorial CIEMAT.España; 2010.

El mercurio forma soluciones llamadas amalgamas con algunos metales (por ejemplo, oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio). Esta propiedad lo hace atractivo para la recuperación de oro en la minería artesanal (24).



FUENTES DE MERCURIO:

El mercurio es un elemento metálico presente de manera natural en la corteza terrestre, y puede ser transportado en el ambiente por el aire y el agua. Se libera a la atmósfera en forma de vapor en fenómenos naturales como la actividad volcánica, los incendios forestales, etc. El mercurio elemental puede combinarse con otros elementos para formar compuestos inorgánicos de mercurio. En su ciclo ambiental, el mercurio se deposita en las masas de agua, donde microorganismos acuáticos lo biotransforman en metilmercurio. Otras especies orgánicas de mercurio son el etilmercurio y el fenilmercurio. Las fuentes antropógenas de mercurio contribuyen significativamente a las concentraciones ambientales de este y comprenden las operaciones de minería, los procesos industriales, etc. (25)

PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ORO EN LA MINERÍA ARTESANAL

Se define como minería artesanal al “aprovechamiento de recursos mineros mediante técnicas exclusivamente manuales”, siendo ejecutada principalmente por cooperativas o simplemente familias, los cuales realizan esta actividad sin las medidas de seguridad y capacitación técnicas (5,26).

La actividad de la minería artesanal comprende diversas etapas, siendo las principales:

- a) Extracción:** Los mineros explotan depósitos aluviales (sedimentos fluviales) o yacimientos de roca dura. El sedimento se elimina y el mineral se extrae al excavar la superficie, mediante la tunelización o el dragado (en el caso de la minería aluvial).
- b) Procesamiento:** En este paso, el oro se separa del resto de minerales. Las partículas de oro en los depósitos aluviales a menudo ya están separadas y requieren de poco tratamiento mecánico, mientras que en los yacimientos de roca dura se requiere la trituración y la molienda. La trituración primaria puede realizarse de forma manual, por ejemplo, utilizando martillos, o con máquinas. Luego se utilizan molinos para moler los minerales en partículas más pequeñas y, finalmente, obtener un polvo fino.
- c) Concentración:** En algunos casos, el oro se separa aún más del resto de materiales mediante la concentración. Pueden utilizarse diferentes métodos



y tecnologías para concentrar el oro liberado (p. ej., esclusas centrifugadoras, mesas vibratorias, etc.). La densidad del oro en comparación con los otros materiales con los que está mezclado es normalmente más elevada. Por lo tanto, muchas técnicas utilizan la gravedad para la concentración.

d) Amalgamación: El mercurio elemental se utiliza para obtener una aleación de mercurio y oro llamada “amalgama”. Existen dos métodos principales utilizados en la MAPE para la amalgamación:

- **Amalgamación de todo el mineral:** El mercurio elemental se añade tras una breve trituración y concentración previa. Normalmente se usan grandes cantidades de mercurio (entre 3 y 50 unidades por unidad de oro recuperado).
- **Amalgamación concentrada:** El mercurio se añade únicamente a la cantidad más pequeña de material (“concentrado”) que resulta del paso de concentración. Por consiguiente, se utiliza una cantidad considerablemente menor de mercurio.

Quema: La amalgama se calienta para vaporizar el mercurio y separar el oro. En la “quema abierta”, todo el vapor de mercurio se emite al aire.

Refinación: El oro esponjoso se calienta de nuevo para eliminar el mercurio residual y otras impurezas (17).

VÍAS DE EXPOSICIÓN

Como se mencionó anteriormente el mercurio se encuentra, en el medio ambiente, de distintas formas (2, 22,27 y 28).

Los seres humanos se exponen de distinta manera a cada una de las formas de este metal:

- **Mercurio elemental:** La exposición al Hg elemental se da mediante la inhalación de aire que contiene vapores de este metal.



El Hg elemental es líquido a T° ambiente y su absorción es muy baja a nivel del tracto gastrointestinal por lo que su toxicidad es mínima en esta forma y, por lo tanto, se elimina rápidamente a través de las heces tras su ingestión. Sin embargo, cuando se volatiliza en vapor, su absorción es alta a través de las vías respiratorias (2).

- **Mercurio inorgánico:** Los compuestos de Hg inorgánico se utilizan en algunos procedimientos a nivel industrial y en la fabricación de otros productos químicos, por lo que personas que laboran en este ambiente se exponen a este mal.

El Hg inorgánico, comúnmente conocido como sales de mercurio, es utilizado para la realización de varios productos que incluyen: medicamentos, detonadores de explosivos y fulminatos de Hg (2).

- **Mercurio orgánico:** Exposición por consumo de pescados o mariscos contaminados con CH₃Hg (Metilmercurio).

El Hg orgánico generalmente se forma a través de la bio-metilación de este compuesto por microorganismos acuáticos y, posteriormente a ello, se libera al medio ambiente. A diferencia del mercurio elemental, el tracto gastrointestinal absorbe hasta aproximadamente el 95% del CH₃Hg (2).

La intoxicación y la gravedad del mercurio dependen del estado químico del mercurio que determina la ruta de exposición (27).

TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

La atmósfera es la principal vía de transporte de las emisiones de Hg, mientras que los ecosistemas terrestres y oceánicos desempeñan un papel importante en la redistribución de este metal (27).

Aproximadamente el 80% del vapor de estos elementos se absorbe por inhalación (1,6), mientras que alrededor del 7-10% de absorción es mediante ingestión, y ~1% de absorción es a través del contacto con la piel (29).



Este metal, una vez absorbido se oxida a la forma mercúrica (Hg^{++}) en los glóbulos rojos y tejidos, este proceso únicamente toma unos cuantos minutos (6).

El vapor de mercurio tiene una gran afinidad por los grupos sulfhidrilo y se une a los aminoácidos que contienen azufre en todo el cuerpo (el más mencionado, la cisteína). El vapor de Hg se transporta al cerebro, ya sea disuelto en suero o adherido a las membranas de los glóbulos rojos (formando enlaces covalentes con estructuras proteicas de esta) y pasa fácilmente a través de la Barrera hematoencefálica y a través de la placenta, así como las membranas lipídicas (2,6).

El Hg metálico tiene la capacidad de depositarse en otras estructuras corporales además del encéfalo. Estas estructuras son: glándula tiroides, mama, músculo cardíaco, músculo esquelético, glándulas suprarrenales, hígado, riñones, piel, glándulas sudoríparas, páncreas, enterocitos (célula gastrointestinal), pulmones, glándulas salivales, testículos y/o próstata (2,6).

ELIMINACIÓN

Las vías de eliminación del Hg corresponden a la vía gastrointestinal mediante las heces y vías renal a través de la orina (5,6). El mayor porcentaje de Hg se elimina a través de las heces mientras que ~10% se elimina a través de la orina. A veces, cantidades significativas de este metal se eliminan a través de sudor, lágrimas, leche materna y/o saliva (27).

ALTERACIONES SISTÉMICAS

Los efectos toxicológicos del mercurio que se han documentado en los últimos años se relacionan con el sistema nervioso, cardiovascular, respiratorio, inmunológico, urinario, hematológico, digestivo, endocrino, reproductivo y cutáneo, esto, gracias a la capacidad de este metal para depositarse en los diferentes tejidos del cuerpo. Sin embargo, las alteraciones más documentadas, hasta el momento, son las alteraciones a nivel del sistema nervioso central (SNC). (27)

Neurotoxicidad

Ya que el Hg es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica (6,27) puede alojarse en las diferentes áreas del cerebro y causar un sinnúmero de alteraciones a nivel



del sistema nervioso central. Puede alojarse en un área específica, así como en múltiples áreas de la corteza cerebral. Las manifestaciones neurológicas se describen como “eretismo mercurial”. Al principio, los pacientes presentan insomnio e irritabilidad; se agregan posteriormente temblores finos en dedos, lengua y párpados; los temblores son progresivos, incapacitantes y se denominan “temblor mercurial”. Se presenta también pérdida de la memoria, alteraciones de la conducta.

Las alteraciones que más se han documentado en trabajadores de minería artesanal y en pobladores en general que se han expuesto tanto a Hg elemental como en CH₃Hg son las siguientes (2,9,12,27):

• **Cuadro N° 2: Alteraciones a nivel del sistema nervioso central.**

Alteración de la marcha	Irritabilidad extrema	Fatiga
Deterioro mental	Paranoia	Alucinaciones
Temblor muscular: Manos, labios, lengua y/o mandíbula	Alteración visual: Escotoma y/o disminución del campo visual	Disminución de la capacidad de concentración
Parestesias/parálisis	Depresión	Pérdida de Memoria
Alteración del lenguaje	Trastorno del movimiento	Disminución de la T° corporal
Pérdida de audición	Insomnio	Cefalea

Fuente: Adaptada de Kevin M. Rice, Ernest M. Walker Jr; Environmental Mercury and Its Toxic Effects; J Prev Med Public Health 2014;47:74-83

Nefrotoxicidad:

Los riñones son fácilmente susceptibles a la toxicidad ejercida por mercurio debido a la alta acumulación de este metal, particularmente, en áreas de los túbulos proximales (2,27).

La nefrotoxicidad se traduce en elevación de la creatinina sérica, reducción de la tasa de filtración glomerular y aumento de proteínas en orina. Algunos estudios han demostrado la relación directa entre la exposición al mercurio y Glomerulonefritis,



Enfermedad Renal Crónica (ERC), Necrosis Tubular Aguda y Síndrome Nefrótico (2, 12,30).

Cardiotoxicidad:

Diversos estudios han demostrado que la exposición a Hg elemental y a CH₃Hg está asociada a una elevación de la presión arterial. Así mismo, correlacionan la exposición a este metal con un mayor riesgo de Infarto Agudo al Miocardio (IAM), Aterosclerosis, disfunción a nivel de las arterias coronarias y otras patologías relacionadas con alteración a nivel cardiovascular (31,32).

Estos estudios explican la relación entre la exposición al mercurio y dichas alteraciones. El Hg aumenta la producción de radicales libres, especies reactivas de oxígeno y aniones superóxido. El incremento de especies reactivas de oxígeno y la reducción de la actividad de las enzimas antioxidantes aumentan el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares (31-33).

Este metal tóxico tiene la capacidad de unirse a todas aquellas moléculas en el organismo moléculas que contienen uno o más grupos tiol (-SH) y a aquellas que contengan selenio (12,31). El Hg se une al selenio y forma con ese elemento complejos de selenio-mercurio, estos complejos reducen la presencia del oligoelemento para la síntesis de la glutatión peroxidasa, por ende, reduce la cantidad de glutatión peroxidasa y otros antioxidantes endógenos como catalasa y la superóxido dismutasa (31).

Por otro lado, también se ha demostrado que el mercurio aumenta la oxidación de las LDL y destruye la integridad de los fosfolípidos de la membrana plasmática (31-33).

En relación con lo mencionado, se ha demostrado que la exposición a Hg se asocia con alteración en los niveles de lipoproteínas tanto de alta densidad (HDL) como de baja densidad (LDL), esto debido a la disminución de la síntesis de antioxidantes endógenos. Hay un aumento en los niveles de LDL así como una disminución de los niveles de HDL, por lo cual, este proceso conlleva a la génesis de placas ateromatosas (31-33).



Toxicidad a nivel gastrointestinal:

Como se mencionó anteriormente, el Hg se absorbe a través de las células epiteliales (enterocitos) cuando se ingiere. Una vez absorbido puede causar diversos trastornos digestivos, ya que puede inhibir la producción de la tripsina digestiva, la quimotripsina y la pepsina, junto con la función de la xantina oxidasa y la dipeptil-peptidasa IV (2,12).

Los efectos del mercurio en el sistema gastrointestinal suelen presentarse como:

- Dolor abdominal.
- Enfermedad Inflamatoria Intestinal.
- Úlceras.
- Diarrea Sanguinolenta.
- También se ha asociado con la destrucción de la flora intestinal.

Toxicidad a nivel del sistema inmunológico:

El Hg altera la función del sistema inmunológico más probablemente a través de sus efectos perjudiciales sobre los leucocitos polimorfonucleares (neutrófilos). El hg (mediante la supresión de la producción de adrenocorticosteroides) previene la estimulación normal de la producción de PMN y también afecta la función de la PMN al inhibir su capacidad para destruir sustancias extrañas, es decir, altera tanto la producción como la actividad inmunológica de estas células (2,12).

Las personas sensibles a este metal son más propensas a tener alergias, asma y síntomas de tipo autoinmune, especialmente los de tipo reumatoide. Se ha reportado que las alteraciones de tipo cutáneo-inmunológico más comunes en los trabajadores de minería artesanal son las dermatitis alérgicas (27).

Alteraciones a nivel del sistema endocrino:

Aún a niveles bajos de exposición a Hg se observan alteraciones a nivel de glándulas como la hipófisis, tiroides, suprarrenales y páncreas (2,12).

Estudios demuestran que la exposición a este metal podría afectar la función endocrina del organismo a través de su capacidad para reducir la unión de hormonas a su receptor o mediante la inhibición de una o más enzimas claves y/o



inhibición de los pasos de la biosíntesis de dichas hormonas. Se ha observado en el caso de la biosíntesis de esteroides suprarrenales y la inhibición de la 21 α -hidroxilasa. Las hormonas que han demostrado ser las más afectadas por la lata exposición a Hg son: insulina, estrógeno, testosterona y adrenalina (2,12).

En algunos estudios se menciona que la alteración a nivel de la glándula tiroides asociada con la inhibición de la 5' deiodinasas con disminución de T3 libre y aumento de T3 inversa (27).

El Hg también puede inhibir la degradación de las catecolaminas a través de la inactivación de la s-adenosil-metionina. Esta inhibición trae consigo alteraciones significativas, tales como: Hiperhidrosis, taquicardia, ptialismo (hipersalivación) e hipertensión (12).

Toxicidad a nivel Dermatológico:

Son pocos los estudios investigativos que hablan sobre las alteraciones a nivel de la piel en los mineros artesanales. Sin embargo, lo que se sabe de esto es que la piel es uno de los órganos que absorbe el mercurio orgánico en menor cantidad en comparación con órganos o sistemas mencionados anteriormente. El contacto con este metal pesado se manifestará, en la piel, como una erupción maculo-papular difusa y simétrica (de carácter benigno) en áreas que, comúnmente, se encuentran descubiertas al momento de laborar (extremidades superiores). A menudo, esta erupción se asocia a prurito o sensación de ardor, así como de una ligera descamación. Todo ello se traduce como una dermatitis de contacto alérgica inducida por entrar en contacto con componentes de mercurio (34).

MÉTODOS DIAGNÓSTICOS:

Exámenes de laboratorio para determinar niveles de mercurio en muestras biológicas

Las exposiciones a contaminantes químicos pueden ser estimadas por la cuantificación de niveles de estos en varios tejidos del cuerpo. Estas medidas se conocen como marcadores biológicos o biomarcadores los cuales son útiles para la vigilancia en salud y la evaluación de la exposición a tales contaminantes.



Los siguientes medios biológicos pueden usarse como biomarcadores para exposición al mercurio en seres humanos ⁽³⁵⁾:

- Sangre (incluida la sangre del cordón umbilical).
 - Orina.
 - Leche humana.
 - Uñas de los pies.
 - Cabello (Este específicamente para la detección de metilmercurio).
- **Cuadro N° 3: Valores de referencia para mercurio en muestras biológicas.**

Muestra	Límite máximo permitido	Estimación de la exposición según el tiempo
Sangre	5-10 µg/L (mercurio total)	Reciente o actual
Orina	50 µg/g creatinina (mercurio total)	Reciente y a largo plazo
Cabello	7 µg/g**	Mediano y a largo plazo

Fuente: Adaptada de World Health Organization. International Programme on Chemical Safety (IPCS): Environmental Health Criteria 214, Human Exposure Assessment Ginebra.2000.

La presencia de mercurio en la sangre indica la exposición reciente o actual. El cabello secuestra, durante el desarrollo fetal, metilmercurio y muestra una relación directa con los niveles de mercurio en la sangre, por lo cual proporciona un método preciso y confiable para medir los niveles de metilmercurio en el organismo. El cabello no es tan buen indicador de exposición al vapor de mercurio como la orina ^(36,37).

La presencia de mercurio en orina generalmente indica la exposición a mercurio inorgánico o elemental ⁽³⁶⁾. Los niveles de mercurio en orina se consideran la mejor medida de exposición reciente a vapor de mercurio inorgánico y a mercurio elemental, pues es utilizado para indicar los niveles de mercurio presentes en los riñones. Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, el mercurio inorgánico acumulado en el riñón se excreta lentamente por la orina. Por tanto, estos niveles también pueden representar la exposición al mercurio elemental o mercurio inorgánico que ocurrió en algún momento en el pasado ⁽³⁶⁾.



La concentración de residuos en orina puede variar significativamente debido a la cantidad de dilución con agua; las pruebas para los contaminantes presentes en la orina son frecuentemente expresados en unidades de contaminante μg por gramo de creatinina ⁽³⁶⁾.

Pruebas de laboratorio clínico:

Hemograma: Aparece anemia y leucocitosis. Durante la fase poliúrica de la insuficiencia renal puede aparecer una falsa poliglobulia por hemoconcentración.

Bioquímica: En la fase oligúrica, se observa una uremia progresiva con aumento de la creatinina. Se produce hiperpotasemia con hiponatremia e hipocloremia, junto con acidosis metabólica con hiato aniónico aumentado. En la fase poliúrica, la urea y la creatinina disminuyen, así como el potasio, y existe un mayor descenso del sodio y del cloro.

Orina: En la fase oligúrica, existe oliguria (anuria en caso de necrosis tubular aguda) con orina hipostenúrica e incluso isostenúrica. Puede aparecer proteinuria y alteraciones en el sedimento, como cilindros granulosos, hematíes y detritus celulares. En la fase poliúrica, aumenta el volumen urinario (poliuria), con elevada excreción urinaria de sodio y potasio. La medición del mercurio en orina es de utilidad para el diagnóstico de intoxicación crónica. Se consideran patológicas determinaciones superiores a 50 $\mu\text{g}/\text{día}$, si bien las determinaciones superiores a 300) $\mu\text{g}/\text{día}$ indican toxicidad crónica por mercurio ⁽³⁸⁾.

Cuestionario-16 (Q-16)

Este tipo de cuestionario es utilizado para monitorear las alteraciones neuropsicológicas de forma temprana en trabajadores expuestos a agentes neurotóxicos. Dicho cuestionario consta de 16 preguntas de tipo cerrado (Sí o No) ⁽³⁹⁾.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN A EMPLEAR EN LA MINERÍA ARTESANAL

El objetivo de las medidas de protección es prevenir los accidentes y efectos adversos a la salud que resulten como consecuencia del trabajo, reduciéndolos a un mínimo, de una manera razonable y factible por lo tanto se deben cumplir los siguientes requisitos:



- Todos los mineros deben recibir capacitación básica en el tema de los riesgos de salud y seguridad minera.
- Todos los mineros deben ser incluidos en un programa de controles médicos regulares.
- Se debe haber identificado los riesgos del lugar de trabajo (recogiendo y analizando información desagregada por género) y haber establecido un sistema de monitoreo.
- Todos los mineros deben usar el equipo básico de protección personal, de conformidad con la naturaleza de la mina, el trabajo a realizar y el lugar donde ocurre. (40)

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL ESPECÍFICOS PARA EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS QUÍMICAS:

Protección de las extremidades superiores e inferiores: Guantes de látex, caucho o goma, largos en la manga, que cubran hasta los hombros. Botas de goma, la altura del calzado de seguridad hasta el tobillo, la rodilla o el muslo depende del peligro, pero también deberían tenerse en cuenta la comodidad y la movilidad. Las perneras de los pantalones deberían ajustarse por fuera de la bota y no encajarse dentro de la misma.

Equipos de protección respiratoria: Además de estar expuesto al polvo existen gases presentes por lo cual deben usar mascarilla con filtros para ambos casos (filtros para vapores de mercurio). Cuando el riesgo y el peligro no puedan evaluarse con exactitud suficiente para definir el nivel apropiado de protección respiratoria, los empleadores deberían suministrar dispositivos de protección respiratoria que funcionen a presión positiva con aporte de aire. Deberían hacerse pruebas para que cada trabajador reciba la mascarilla que mejor se ajuste a su rostro (41).

DATOS EPIDEMIOLÓGICOS DE LA MINERÍA ARTESANAL

En casi todos los países emergentes y en vías de desarrollo, las personas exploran recursos minerales con los medios más sencillos y viven de la venta de sus hallazgos. Miles de mineros artesanales trabajan en la explotación de materias primas, una gran parte de ellos en malas condiciones (42).



Por lo general el sexo que más desarrolla esta actividad es el masculino entre las edades de 24-40 años ^(3,15). Se calcula que en la minería del oro artesanal participan entre 10 y 15 millones de mineros, de los cuales 4,5 millones son mujeres y 1 millón son niños. Debido al aumento constante del precio del oro es probable que estas cifras aumenten así como el uso de mercurio ⁽⁴¹⁾. Dependiendo de la fuente, se estima que éstos extraen entre 12 y 25 por ciento de la producción mundial.

De acuerdo con la OIT, los cinco principales riesgos a la salud asociados con la minería artesanal y pequeña escala (MAPE) son la exposición al polvo (silicosis); exposición al mercurio y otros productos químicos; los efectos del ruido y la vibración; los efectos de la ventilación deficiente (calor, humedad, falta de oxígeno), y los efectos del esfuerzo excesivo, espacio insuficiente para trabajar y equipo inadecuado ⁽⁴³⁾. El porcentaje de afectación a nivel orgánico difiere de acuerdo con el estudio (Nº de trabajadores, lugar de realización y el enfoque del estudio) por lo que no se puede especificar un dato sobre cada efecto toxicológico de este metal.

Los efectos toxicológicos que más se han estudiado y registrado tanto en la población en general como en los mineros artesanales son: Neurotoxicidad, teratogenicidad ^(3,7).

En Nicaragua existen alrededor de 30 mil personas a nivel nacional, organizadas en unos 2 mil grupos, colectivos o cooperativas. La minería artesanal y pequeña escala representa el 26% de la producción del oro nacional ^(5, 26,45).

En la actualidad el país espera desarrollar estrategias que comprenden la construcción de planteles exclusivos para eliminar el uso del mercurio, la capacitación técnica y en finanzas, el procesamiento responsable de la producción, el manejo adecuado de los desechos y la seguridad jurídica de los mineros artesanales ⁽⁴¹⁾.



DISEÑO METODOLÓGICO:

Diseño del estudio: Se realizó un estudio de corte transversal descriptivo debido a que, se aplicó un cuestionario con el propósito de estimar el nivel de exposición a Mercurio de los Mineros Artesanales.

Área de estudio: La cooperativa “Pequeños Mineros de Occidente” que se dedican a la extracción artesanal de oro. El proceso incluye el uso de mercurio para la recuperación del oro lo que lleva a que los trabajadores se expongan a los vapores de mercurio.

Periodo de estudio: Desde el 01 de diciembre del año 2019 hasta el 30 de agosto del año 2020. Entre los meses de diciembre y marzo los trabajadores aprovechan la época de verano para la extracción de oro ya que el clima facilita sus actividades laborales.

Población: La población de este estudio son todos los trabajadores que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión (Ver más adelante). La población total es de 63 trabajadores. Se tomarán a todos ellos para que el estudio sea significativo.

Cuadro N°4: Criterios de inclusión/exclusión

Criterios de inclusión	Criterios exclusión
Edad: 15-65 años.	Antecedente de lesión cráneo-encefálica.

Fuente de datos: La fuente será primaria, obteniendo los datos mediante un cuestionario.

Instrumento de recolección de datos: Se utilizó el cuestionario 16 (Q-16) adaptado por Amador et. al, en 1995 en base al cuestionario sobre síntomas neurológicos de Hogstedt et al en 1984 para monitorear las alteraciones neuropsicológicas de forma temprana en trabajadores expuestos a agentes neurotóxicos. Dicho cuestionario consta de 16 preguntas de tipo cerrado (Sí/No).

Cada respuesta positiva equivale a 1 punto y cada respuesta negativa equivale a cero puntos. Un puntaje ≥ 6 indicará la necesidad de realizar estudios de evaluación más



profundos ^(38,44). También se desarrolló un instrumento para recolectar los datos sociodemográficos, antecedentes clínicos personales e historia laboral. (Ver anexos)

Procedimiento de recolección de datos: Se realizó una reunión con el presidente de la cooperativa, con el objetivo de hacerle conocer la finalidad e importancia del estudio y así coordinar la fecha en la que se realizaría la reunión con los trabajadores para exponer el propósito del estudio y programar el día de entrevista.

Antes de recolectar la información, se les entregó a los participantes el consentimiento informado, el cual debía ser firmado si aceptaban participar en el estudio. En el caso de participante analfabeto, se leyó el consentimiento en compañía de un testigo que él mismo escogió, y se procedió a poner la huella digital del pulgar si accedía a ser parte del estudio.

La información se obtuvo aplicando el cuestionario a los trabajadores que cumplieron con nuestros criterios de inclusión y con el consentimiento informado previamente firmado en un lugar cómodo y privado para que la información fuera recopilada únicamente por el (los) investigador (es). Todos los resultados se anotaron en una hoja de registro que se agregó al cuestionario.



OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

N°	Variable	Definición	Categoría
CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS			
1	Edad	Años cumplidos al momento de aplicar el instrumento de evaluación.	15-20 años 21-25 años 26-30 años 31-35 años 36-40 años >40 años
2	Sexo	Condición orgánica que diferencia a un individuo en masculino o femenino.	Hombre Mujer
3	Escolaridad	Último nivel de estudio alcanzado al momento de aplicar el instrumento de recolección de datos.	Analfabeta Primaria Secundaria Universidad Técnico
4	Estado Civil	Situación en la que se encuentra la persona en relación con otra persona.	Soltero (a) Casado (a) Divorciado (a) Viudo (a) Unión libre
5	N° hijos	Cantidad de hijos nacidos vivos.	Abierto
ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS			
6	HTA	Aumento de la presión arterial $\geq 140/90$ mmHg de forma continua y sostenida.	Si/No
7	Cardiopatías	Enfermedad que afecta tanto al corazón como a los vasos sanguíneos	Si/No
8	IAM	Cardiopatía isquémica que se produce a nivel del músculo cardíaco debido a falta prolongada de O ₂	Si/No
9	Insuficiencia Cardíaca	Síndrome de disfunción ventricular (izquierda, derecha o ambos)	Si/No
10	Insuficiencia Valvular	Daño en cualquier de las válvulas cardíacas	Si/No



		que provoca el flujo retrógrado de sangre	
11	Diabetes Mellitus	Grupo de enfermedades caracterizadas por un estado de hiperglicemia como consecuencia de defecto en la secreción o acción de la insulina	Si/No
12	Tipo 1	Tipo de Diabetes causada por la deficiencia absoluta en la secreción de insulina	Si/No
13	Tipo 2	Tipo de Diabetes causada por una resistencia tisular a la insulina y una inadecuada respuesta secretora compensatoria	Si/No
14	ERC	Alteraciones estructurales y funcionales renales por más de 3 meses.	Si/No
15	Asma	Enfermedad crónica que se asocia con inflamación de las vías respiratorias bajas, irreversible pero tratable.	Si/No
16	Epilepsia	Enfermedad del sistema nervioso, caracterizada por la aparición de actividad eléctrica anormal en la corteza cerebral, que provoca ataques repentinos caracterizados por convulsiones y pérdida del conocimiento	Si/No
17	¿Hace cuánto tiempo fue diagnosticado?	Cantidad de años que han transcurrido desde su diagnóstico hasta el momento de la entrevista	Antes de laborar como minero Después de laborar como minero



ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS			
18	Alcoholismo	Consumo de bebidas que contengan alcohol que generan dependencia del mismo.	Si/No
19	¿Cuántos días de la semana ingiere alcohol?	Nº de días de la semana en los que ingiere alcohol	1-2 días 2-3 días >3 días
20	¿Qué tipo de alcohol ingiere?	Sustancias compuestas por etanol etílico las cuales se pueden clasificar según su procedencia, graduación alcohólica o proceso de elaboración	Cerveza Ron Wiski Otro
21	¿Cuántas botellas consume al día?	Nº de botellas de alcohol que consume al día	< 1 botella 1-2 botellas 2-3 botellas >3 botellas
22	¿Cuánto alcohol contiene la botella?	Capacidad de almacenamiento que posee la botella en mililitros	<250 ml >250 ml
23	Tabaquismo	Consumo directo de tabaco.	Si/No
24	¿Cuántos días de la semana fuma?	Nº de días de la semana en los que fuma	Ocasional Diario 1-3 días
25	¿Cuántos cigarrillos fuma al día?	Cantidad de cigarrillos que consume al día	1-2 2-4 Medio paquete 1 paquete
26	Ingesta de café	Consumo de bebida que contiene cafeína.	Si/No
27	¿Cuántos días de la semana ingiera café?	Nº de días de la semana en los cuales ingiere café	1-2 días 2-3 días >3 días
28	¿Cuántas veces al día consume café?	Cantidad de veces al día que ingiere café	1-2 veces 2-3 veces >3 veces
29	¿Cuánto consume de café?	Cantidad de tazas de café que consume al día	< 1 taza 1 taza 2 o más tazas
30	¿Consume Drogas?	Consumo de sustancias ilícitas.	Si/No



31	¿Cuántos días de la semana consume drogas?	Nº de días de la semana en los cuales consume drogas	1-2 días 2-3 días >3 días
32	¿Cuántas veces al día?	Cantidad de veces al día que consume drogas	1-2 veces 2-3 veces >3 veces
33	¿Qué tipo de drogas consume?	Sustancias que pueden producir efectos estimulantes, deprimentes, narcótico o alucinante, los cuales son de origen vegetal, mineral o animal	Abierto
ACTIVIDAD LABORAL QUE DESEMPEÑA ACTUALMENTE			
34	Nº de horas al día	Número de horas que labora por día.	<6 horas 6-8 horas >8 horas
35	Nº de días a la semana	Número de días que labora por semana.	<3 días ≥3 días
36	Nº de años laborales	Número de horas que labora por día	1-5 años 6-9 años ≥10 años
37	Actividad que ejerce	Labor específica que ejerce en el proceso de extracción de oro	Extracción Amalgamación Ambas
38	Área laboral	Espacio o ambiente en donde las personas realizan diferentes labores	Aire libre Rastra Ambos
ANTECEDENTE LABORAL			
39	Actividad laboral previa	Labor que desempeñó previo a la actividad minera	Abierto
40	Nº de años laborales	Número de años que ha laborado en su empleo anterior	Abierto
ALTERACIONES MÉDICAS ACTUALES			
41	Neurológico	Todos signos o síntomas que estén relacionados con alteraciones del SNC o SNP.	Pérdida de agudeza visual. Pérdida auditiva.
42	Gastrointestinal	Alteraciones del sistema gastrointestinal.	Diarrea. Dolor abdominal. Náuseas/Vómitos.



43	Cardiovascular	Alteraciones relacionadas con el corazón y los vasos sanguíneos.	PA >140/90 mmHg + Cefalea. Tinnitus. Escotomas. Aumento de T° corporal. Dolor torácico
44	Dérmicos	Afecciones de la piel producto de agentes externos (químicos, ambientales, etc.).	Ampollas en brazos, antebrazos, cuello o cara Escamas de color rojo en brazos, antebrazos, cuello o cara. Resequedad en la piel. Coloración rojiza de la piel. Comezón. Dolor.
EXPOSICIÓN A MERCURIO			
45	Exposición a Mercurio	Contacto con el Mercurio (metal pesado)	Si/No
CUESTIONARIO Q16			
46	Riesgo de alteración neuroconductual	Probabilidad de presentar afectación a nivel del SNC y SNP que se manifiestan en el comportamiento y causan deficiencia funcional.	Si/No
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL			
47	Uso de equipo de protección personal	Uso completo y adecuado del EPP durante la jornada laboral	Si/No
48	Objetos utilizados	Equipo de protección personal que cumpla con los estándares de calidad internacional adecuado para la labor.	Vestimenta adecuada Mascarilla Guantes Gafas protectoras Calzado
49	Uso del EPP durante la jornada laboral	Uso del EPP (adecuadamente) durante las horas que labora	Si/No



Análisis de datos

Para el análisis de los datos obtenidos durante el proceso de recolección se utilizó el programa IBM SPSS® versión 23. Se realizó un análisis tanto univariado como bivariado para cada una de las variables, dependiendo de las características de estas.

En el análisis univariado de las variables cualitativas del estudio se calculó frecuencia absoluta y relativa; en cuanto a las variables cuantitativas se calculó tanto medidas de tendencia central (media) como medidas de dispersión (Desviación Estándar). Además, se realizó un cruce entre variables que determinan la exposición a mercurio y las alteraciones sistémicas. Para mejor comprensión de los datos se realizaron gráficos de barra y diagramas de cajas.

Aspectos éticos:

Este estudio se basa en la propuesta de principios éticos para investigación médica en seres humanos, incluida la investigación del material humano y de información identificables de la Asociación Médica Mundial (AMM). Este estudio fue aprobado por el comité de ética para investigaciones biomédicas, Acta N° 133.

Primeramente, se le explicará a cada uno de los participantes el propósito de esta investigación con la finalidad de darle a conocer por qué es necesaria su participación. Asimismo, se le explicará que su participación es voluntaria, es decir, tiene derecho a rechazar ser partícipe en este estudio en cualquier momento del proceso de aplicación del formulario. Se les dará a conocer que toda la información obtenida será confidencial, ya que, los datos obtenidos serán vistos únicamente por las personas involucradas en el trabajo investigativo, y los resultados no serán publicados con el nombre del participante o cualquier información que él considere no deba ser de carácter público, de igual forma, se procurará únicamente recopilar la información para el vacío del tema en cuestión. Asimismo, esta no será publicada sin el previo consentimiento de todos los involucrados.



RESULTADOS:

Este estudio investigativo se ejecutó con trabajadores de Minería Artesanal de la Cooperativa Pequeños Mineros de Occidente (Chinandega). Dicha cooperativa cuenta con 63 trabajadores en total, de los cuales 58 aceptaron participar en el estudio, 5 de ellos no se incluyeron debido a que no se encontraban disponibles al momento de la entrevista. Todos los participantes fueron del sexo masculino y provenientes del área rural, relativamente jóvenes (Edad promedio: 20-30 años), con un bajo nivel educativo (aproximadamente 50% de ellos) como se observa en la Tabla N°1.

Tabla N°1: Características Sociodemográficas de los trabajadores de la cooperativa “Pequeños mineros de occidente” que participaron en este estudio.

Características Sociodemográficas		
Sexo		
	Frecuencia	%
Masculino	58	100%
Edad		
15-20 años	3	5.2 %
21-25 años	15	25.9 %
26-30 años	14	24.1 %
31-35 años	12	20.7 %
36-40 años	6	10.3 %
> 40 años	8	13.8 %
Escolaridad		
Analfabeta	7	12.1 %
Primaria	25	43.1 %
Secundaria	24	41.4 %
Universidad	0	0%
Técnico	2	13.8 %
Procedencia		
Rural	58	100%



Tabla N°2: Determinantes de exposición a mercurio en trabajadores de la cooperativa “Pequeños mineros de occidente”

Aspecto	Descripción	“n”	%
Uso de Equipo de Protección Personal (EPP)	Si	17	29.3
	No	41	70.3
Actividad laboral en la Mina	Extracción	7	12.1
	Amalgamación	14	24.1
	Ambos	37	63.8
Área específica en donde realiza la actividad laboral	Aire libre (Mina)	7	12.1
	Rastra	14	24.1
	Ambos	37	63.8

Al aplicar la encuesta, en base a los acápites expuestos en la tabla, se obtuvieron los siguientes resultados. El mayor número de trabajadores no usa equipo de protección durante su jornada laboral lo que presentaría un 70.7%. De tal forma, 63.8% de los trabajadores labora tanto en extracción de oro como en Amalgamación del mismo, este mismo % de trabajadores labora tanto al aire libre como en rastra.

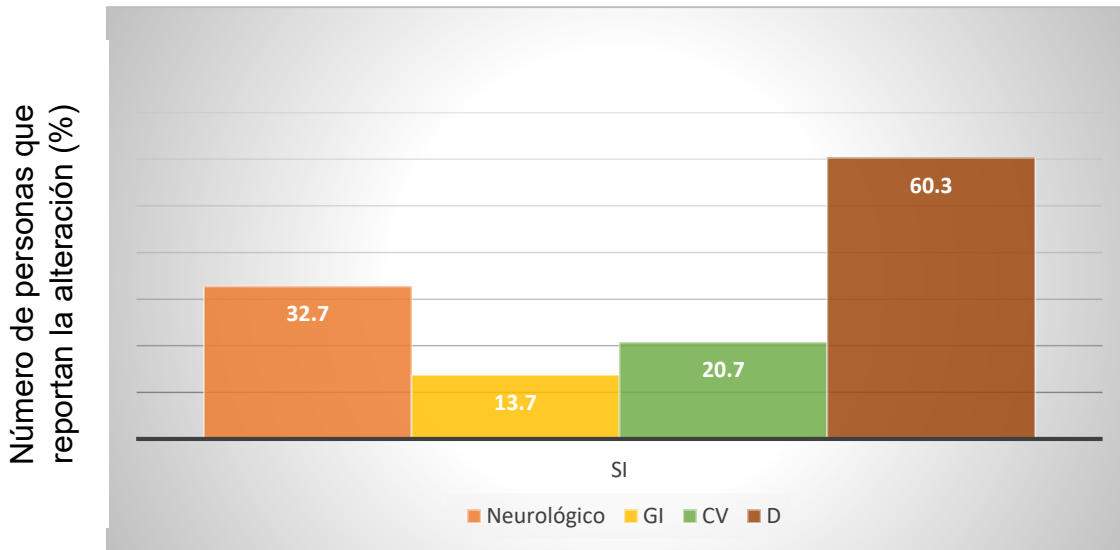


Gráfico N°1: Frecuencia de las alteraciones sistémicas en donde cada una de las barras representan las alteraciones más frecuentes presentadas por los encuestados.

En cuanto a las alteraciones sistémicas, 35 de los trabajadores presentaron alteraciones a nivel dérmico, las alteraciones más relevantes reportadas por ellos fueron irritación, eritema, resequedad y ampollas. Así mismo 19 de ellos



presentaron alteraciones a nivel neurológico siendo la alteración más frecuente pérdida de la memoria, dificultad para concentrarse y pérdida de agudeza visual, 12 presentaron síntomas cardiovasculares como hipertensión arterial, palpitaciones y cefalea y en menor frecuencia las gastrointestinales como vómito, náuseas y diarrea reportadas por 8 encuestados. El mayor porcentaje de trabajadores presentó al menos 2 alteraciones sistémicas de forma simultánea.

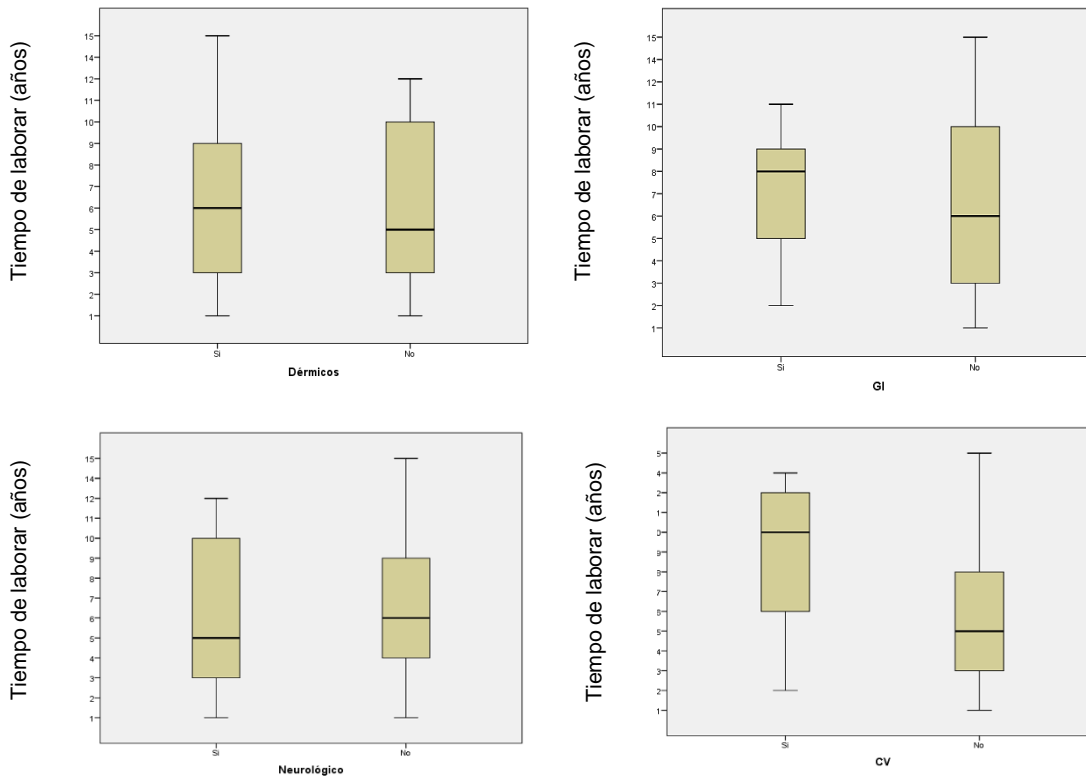


Gráfico N°2: Relación entre el número de años laborando como minero artesanal y cada una de las alteraciones más frecuentes reportadas por los trabajadores en donde el borde inferior de la caja representa el p25, el superior el p75, la línea central la mediana y los extremos representan el mínimo y el máximo del número de trabajadores que reportaron la alteración sistémica. GI: Aparato gastrointestinal, CV: Sistema cardiovascular.



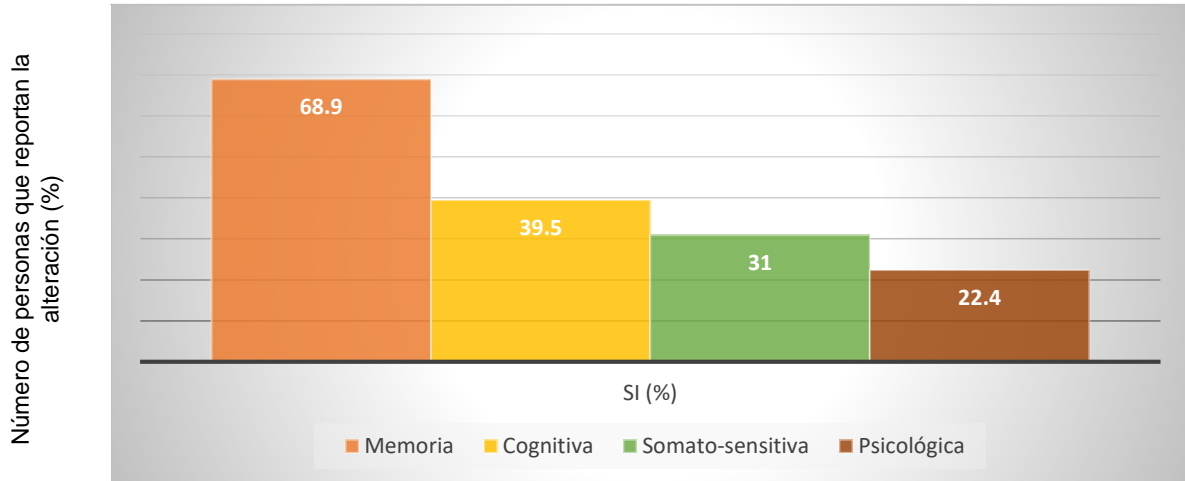
De acuerdo al análisis estadístico realizado con estas variables se obtuvo que no hay relación significativa entre los años que han laborado estos trabajadores como mineros y las alteraciones sistémicas que manifiestan. Sin embargo, se observa que hay una tendencia a presentar alteraciones a nivel gastrointestinal, cardiovascular y dérmico a medida que se exponen a mercurio durante una cierta cantidad de años.

En la **tabla N°3** se analiza la relación entre la actividad realizada y el número de años que el minero ha laborado con las alteraciones que presentan al momento de ejecutar la encuesta.

Tabla N° 3: Relación entre determinantes de exposición y alteraciones sistémicas

Actividad que realiza	N° de años laborando	Alteraciones sistémicas							
		Neurológico		GI		CV		Dérmico	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Amalgamación	< 6 años	5	3	2	6	1	7	3	5
	≥6 años	1	5	1	5	2	4	6	0
Extracción	< 6 años	5	14	1	18	3	16	14	11
	≥6 años	8	17	4	21	6	19	12	7

En esta tabla se aprecia que los trabajadores que han laborado en amalgamación y extracción por ≥ 6 años son más propensos a presentar alteraciones gastrointestinales, cardiovasculares y dermatológicas mientras que las alteraciones neurológicas pueden presentarse con poco tiempo de exposición.



Gráficos N°3: Cuestionario Q16, en donde cada una de las barras representa las esferas neurológicas que el cuestionario evalúa.

En cuanto al análisis realizado sobre el test del Q16, Se obtuvo que la esfera más afectada fue la esfera que evalúa la de memoria ya que 40 de los trabajadores marcaron si a preguntas relacionadas con este aspecto y la menos afectada fue la psicológica.



DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo investigativo muestran que las manifestaciones más prevalentes fueron todas aquellas asociadas a los sistemas Dermatológico, Neurológico y Cardiovascular. Así mismo, muestra que estas alteraciones son más frecuentes en trabajadores que han laborado en la minería por 6 años o más y que el 70.7% de los trabajadores no usan equipo de protección personal.

En el estudio las alteraciones dermatológicas fueron las más frecuentes siendo reportadas por 35 trabajadores, de las cuales se destacaron irritación, eritema, resequedad y ampollas según el orden mencionado. Sin embargo, según García et al. ⁽¹⁹⁾ las alteraciones dermatológicas solo se presentan en el 5%, siendo la más prevalente la irritación. Otro estudio realizado por la ONUDI ⁽¹⁸⁾ reportó que las alteraciones dérmicas como la dermatitis se presentaron en un 17% y ampollas en un 3%. Estas alteraciones se manifiestan principalmente por una sensibilización tipo IV ⁽⁴⁷⁾, la cual es inducida por la inhalación del vapor de mercurio y por el contacto directo con la piel. Esto puede asociarse al poco uso de equipo de protección personal específico, pero no podría afirmarse que estas alteraciones estén asociadas a exposición directa o indirecta a mercurio ya que la mayoría de los trabajadores laboran también en extracción lo que podría predisponerlo a presentar estas alteraciones como ampollas, las cuales también podrían ser causadas por la fricción provocada por el uso constante del martillo en las manos o una sensibilización (Exantema) por parte de otros componentes presentes en el ambiente de trabajo

En cuanto al sistema nervioso, las esferas más afectadas fueron: memoria (la de mayor porcentaje) seguida de la cognitiva, la sensitiva-motora y por último la psicológica lo que concuerda con lo reportado por la ONUDI ⁽¹⁸⁾, García et al. ⁽¹⁹⁾ reporta que la frecuencia de las alteraciones motoras es mayor que las de memoria y concuerda en que la psicológica es la menos habitual. Mientras que el estudio realizado por Harari & Gerhardsson ⁽³⁾, los cuales evaluaron alteraciones neurológicas, determinaron que las concentraciones de Hg se asociaron con un incremento en la frecuencia central del temblor, así como en el tiempo de reacción



y la estabilidad postural. Todas estas alteraciones tienden a presentarse debido a que el mercurio es un elemento neurotóxico, ya que, este metal posee una gran afinidad molecular con los grupos sulfhidrilos y genera que se inhiba la organización de microtúbulos a nivel del SNC, elementos importantes para el desarrollo de éste y para el transporte de neuro-moléculas, también inhibe la captación de glutamato por las células gliales. Además, interviene en la supervivencia celular y en la inducción de apoptosis neural, por esa razón las alteraciones neurológicas son muy frecuentes en mineros artesanales que utilizan este metal para la amalgamación del ORO (18,19,48).

Las alteraciones del sistema cardiovascular fueron reportadas por 12 mineros (7%) las cuales fueron hipertensión arterial, palpitaciones y cefalea, principalmente, mientras que Bose-O'Reilly et al (11). reporta que alteraciones como palpitaciones se presentaron en 21% de los participantes, García et al, ONUDI y Muñoz (4,18) reportaron que la cefalea se presentó en 25 y 60% de los estudiados, respectivamente. Ninguno de los estudios mencionados reporta la hipertensión arterial en las alteraciones cardiovasculares. Esto se debe a que el Hg aumenta la producción de radicales libres, especies reactivas de oxígeno y aniones superóxido. El incremento de especies reactivas de oxígeno y la reducción de la actividad de las enzimas antioxidantes aumentan el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares (31-33).

Las alteraciones Gastrointestinales fueron las que con menor frecuencia se presentaron en los encuestados (5%), estas alteraciones se manifestaron como vómito, náuseas y/o Diarrea respectivamente, mientras que, en el estudio reportado por Muñoz (4), la Diarrea fue la que con mayor frecuencia se presentó (12%) y en la investigación de García et al (19). de los 56 mineros encuestados ninguno presentó alteraciones gastrointestinales. Esto podría deberse a que el mercurio elemental se absorbe en menor cantidad (0,01%) en el sistema gastrointestinal, probablemente por su incapacidad de reaccionar con moléculas biológicamente importantes, al formar macromoléculas que dificultan su absorción y porque pasa por un proceso de oxidación (48).



Según las alteraciones sistémicas reportadas en este estudio, los trabajadores que han laborado en amalgamación y extracción por ≥ 6 años son más propensos a presentar alteraciones gastrointestinales, cardiovasculares y dermatológicas mientras que las alteraciones neurológicas pueden presentarse con poco tiempo de exposición. Esto puede asociarse a la poca cantidad de personas encuestadas o a que, aún a niveles bajo de exposición, se podría empezar a presentar alteraciones neurológicas. Ramírez ⁽⁴⁶⁾ reporta que la intoxicación mercurial ocupacional no es causada, necesariamente por exposición a cantidades elevadas de mercurio en el ambiente laboral (que no es necesario exponerse a cantidades elevadas de mercurio en el ambiente laboral para sufrir de intoxicación mercurial ocupacional) sino que también puede ocurrir con niveles bajos de exposición.

Uno de los aspectos que se evaluó en el estudio para determinar la frecuencia entre las repercusiones sistémicas y la exposición a Mercurio fue la actividad laboral actual de los trabajadores encuestados, es decir, la actividad que desempeña cada trabajador en la Mina y se determinó que el 86.2% de los trabajadores de la cooperativa se expone de forma directa a Mercurio (Amalgamación). Una variedad de autores expone que el mayor número de trabajadores se expone de forma directa a Mercurio, pero Basri & Masayuki ⁽¹⁶⁾ demuestran en su estudio que solo el 55.5% de los trabajadores se exponen de forma directa a Mercurio especificando que dichos trabajadores se dedican al proceso de amalgamación y fundición del oro.

Se pueden apreciar las precarias condiciones de trabajo de los mineros artesanales encuestados debido al poco o nulo uso de equipo de protección personal para prevenir la exposición a mercurio. Sin embargo, en los hallazgos reportados por Muños et al. ⁽¹⁹⁾ el uso de medidas de protección por parte de los mineros artesanales fue mayor, esta diferencia puede deberse al poco acceso a información sobre la importancia y el beneficio del adecuado uso de EPP por parte de los trabajadores de la cooperativa estudiada y a que consideran que el Mercurio es menos nocivo en comparación a otros químicos empleados durante el proceso de amalgamación, también podría asociarse al bajo nivel económico de estos lo cual no les permitiría disponer de del equipamiento adecuado.



Se considera que el principal factor externo que afecta a la variable dependiente del estudio (exposición a Mercurio) es que el estudio no cuenta con análisis de muestras biológicas para determinar la relación entre los niveles de Mercurio encontrados en ellas y las repercusiones sistémicas.

A pesar de las limitantes mencionadas anteriormente, se ha comprobado que los resultados de este estudio coinciden en más de un 50% con los resultados de los estudios consultados previo a la ejecución de este.



CONCLUSIONES:

El estudio realizado en la Cooperativa Pequeños Mineros de Occidente localizada en el municipio de Somotillo (Chinandega) reportó que las alteraciones sistémicas más frecuentes, que manifiesta cada uno de los trabajadores, son las relacionadas al sistema dérmico, nervioso, cardiovascular y gastrointestinal respectivamente. Así mismo se reportó que estas alteraciones no son estadísticamente significativas, sin embargo, se determinó que son un aspecto importante para determinar el grado de exposición que presentan estos trabajadores al Mercurio.

Por lo mencionado anteriormente, se concluye que el poco o ausente uso de Equipo de Protección Personal (EPP) justifica que la alteración más frecuente sea la dermatológica lo cual varía en comparación con la(s) reportada(s) por otros estudios.

Este estudio proporciona diversas líneas de investigación sobre el tema, debido a que, se exponen alteraciones sistémicas mencionadas por otras investigaciones en ejecutadas en minas artesanales pero que no han sido estudiadas a fondo. Los principales aspectos a tomar en cuenta son: Características de la población estudiada como el sexo (El 100% de los trabajadores son de sexo masculino) así como grupo etario más frecuente (21-30años) y las alteraciones sistémicas abordadas, por lo cual, se recomienda realizar estudios investigativos similares con poblaciones que compartan estas características.



RECOMENDACIONES

- **A la cooperativa:**

1. Brindar capacitaciones sobre los perjuicios a la salud que conlleva el uso de mercurio y la importancia del uso de un Equipos de Protección Personal adecuado para cada área de trabajo de la minería artesanal.
2. Contratar personal médico para realizar chequeo médico anual a los mineros con el propósito de llevar una adecuada monitorización de su estado de salud y poder hacer una temprana intervención por parte del personal de salud si se amerita.

- **A la UNAN-León:**

3. Seguir con la línea de investigación sobre las complicaciones sistémicas causadas por el mercurio en las que se apliquen exámenes de laboratorio para poder tener acceso a una información más completa sobre este elemento y la salud humana.



BIBLIOGRAFÍA

1. Steckling N, Tobollik M, Plass D, et al. Global Burden of Disease of Mercury Used in Artisanal Small-Scale Gold Mining. *Annals of Global Health*, VOL. 83, NO. 2, 2017 March e April 2017: 234 – 247
2. Justice Afrifa, Yeboah Kwaku Opoku; The Clinical Importance of the Mercury Problem in Artisanal Small-Scale Gold Mining; *Front Public Health*. 2019; 7: 131.
3. Harari R., Harari F., Gerhardsson L., et al. Exposure and toxic effects of elemental mercury in gold-mining activities in Ecuador. *Toxicology Letters* Volume 213, Issue 1, 13 August 2012, Pages 75-82.
4. Muñoz García A. Determinación de mercurio en mineros artesanales en la comunidad Puzuno de la ciudad del Tena. Universidad Técnica De Ambato. Ambato - Ecuador; 2016.
5. Centro Humboldt. La pequeña minería y minería artesanal en Nicaragua. *Nicaragua*; Diciembre 15, 2017 [24 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://humboldt.org.ni/la-pequena-mineria-y-mineria-artesanal-en-nicaragua/>
6. Park J., Zheng W. Human Exposure and Health Effects of Inorganic and Elemental Mercury. *J Prev Med Public Health*. 2012 Nov; 45(6): 344–352.
7. Branco V, Caito S. Biomarkers of mercury toxicity: Past, present and future trends. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2017; 20(3): 119–154.
8. Mamani Pari G. Nivel de conocimiento sobre medidas preventivas y efectos tóxicos del mercurio en trabajadores de la mina la Rinconada. Universidad Nacional de Altiplano. Puno – Perú; 2013.
9. Bose-O'reilly S. Signs and Symptoms Of Mercury Exposed Gold Miners. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2017;30(2):249 – 269.
10. Centro para la Investigación en Recursos acuáticos. Personas expuestas a nivel de Mercurio. Febrero 2, 2019 [07 de agosto del 2019]. Disponible en: <http://165.98.8.24/wordpressstest/index.php/personas-expuestas-a-nivel-de-mercurio/>



11. Bose-O'reilly S, Bernaudat L, Siebert U, et al. Signs and Symptoms of Mercury-Exposed Gold Miners. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2017;30(2):249 – 269
12. Rice K, Walker E Jr. Environmental Mercury and Its Toxic Effects; *J Prev Med Public Health* 2014;47:74-83
13. Esdaile L, Chalker J, The Mercury Problem in Artisanal and Small-Scale Gold Mining. *Chem. Eur. J.* 2018 May 11; 24(27): 6905–6916.
14. Mesquidaz D. exposición a mercurio en trabajadores de una mina de oro en el norte de Colombia, *Salud Uninorte. Barranquilla (Col.)* 2013; 29 (3): 534-541, Colombia.
15. Monteagudo Montenegro Evaluación de la contaminación por mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena -Ayacucho- Perú durante el período agosto 2000-Septiembre 2001. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú; 2002.
16. Basri, Masayuki S., Koichiro S. Current Mercury Exposure from Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Bombana, Southeast Sulawesi, Indonesia— Future Significant Health Risks. *Toxics* 2017, 5(1), 7.
17. Organización Mundial de la Salud. Documento técnico n.º 1: riesgos para la salud relacionados con el trabajo y el medioambiente asociado a la extracción de oro artesanal o a pequeña escala. Suiza; 2017.
18. ONUDI. Evaluación sanitaria preliminar sobre afectaciones a la salud relacionadas con el uso del mercurio en los municipios de Remedios, Segovia y Zaragoza. Medellín, 2012.
19. Muñoz-Vallejo L, García-Ardila L, Rodríguez-Gázquez M. Percepción sobre daños a la salud y utilidad de medidas de protección de personas expuestas ocupacionalmente al mercurio en la minería del oro. *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 9, núm. 1, 2012, pp. 53-61
20. Peña Torrez E., Montenegro S., et al. Contaminación por Mercurio en Nicaragua en el Caso de la Empresa Pennwalt. Centro para la Investigación en Recursos acuáticos. Managua; 2009.



21. Montoya Chavarría K. Impacto socioambiental de la actividad minera artesanal en el municipio de Siuna, Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua 2005-2006. UNAN-León; 2006.
22. Asmat-Inostrosa MP, Valdés-Valdazo J, et al. Intoxicación Ocupacional por Mercurio y la Neurotoxicidad. Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2017; 26:206-211.
23. True B., Dreisbach R. Manual de Toxicología Clínica de Dreisbach. 7a edición. Editorial Manual Moderno; 2003.
24. Lominchar M., Sierra M. J. et al. Estudio del Comportamiento y Distribución del Mercurio Presente en Muestras de Suelo Recogidas en la Ribera del Río Valdeazogues. Editorial CIEMAT. España; 2010.
25. Paulin J., Gibb H. Mercurio, Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. Organización Mundial de la Salud. Ginebra; 2008.
26. Centro Humboldt. Monitoreo Ambiental de Sistemas Productivos. Informe, Sistema productivo de Minería. Nicaragua, Julio; 2008.
27. Bernhoft R. Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. Journal of Environmental and Public Health, Volume 2012, Article ID 460508, 10 pages, 2011, USA.
28. Centers for Disease Control and Prevention. Mercury Factsheet. USA; April 7, 2017. [24 de marzo del 2019]. Disponible en: Sitio web: https://www.cdc.gov/biomonitoring/Mercury_FactSheet.html
29. Driscoll C., Mason R. Mercury as a Global Pollutant: Sources, Pathways, and Effects. Environ Sci Technol. 2013 May 21; 47(10): 4967–4983.
30. Klaassen C. Watkins III J. Casarett y Doull Fundamentos de Toxicología. 1a Edición. Editorial McGraw Hill; 2005.
31. Genchi G., Sinicropi M. Mercury Exposure and Heart Diseases. Int J Environ Res Public Health. 2020; 15(1): 74.
32. Houston M. Role of Mercury Toxicity in Hypertension, Cardiovascular Disease, and Stroke. The Journal of Clinical Hypertension, Volume 13, Issue 8 August 2011, Pages 621-627



33. Omanwar S., Fahim M. Mercury Exposure and Endothelial Dysfunction: An Interplay Between Nitric Oxide and Oxidative Stress. *International Journal of Toxicology*. 2015, 34 (4), 300-307
34. Boyd A, Seger D, Vannucci S, et al. Mercury exposure and cutaneous disease. *J Am Acad Dermatol*. July, 2000; Volume 43, Number 1, Part 1
35. Organización Panamericana de la Salud. Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia: teoría y práctica para el fortalecimiento de la vigilancia de salud de poblaciones expuestas a mercurio. La Paz; 2011
36. World Health Organization. International Programme on Chemical Safety (IPCS): Environmental Health Criteria 214, Human Exposure Assessment. Ginebra. 2000. Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm>
37. McDowell Dillion, Bolger Pellizzari Osterloh, Montes de Oca Fernando, Schober Sinks, Jones Mahaffey R. Hair Mercury Levels in US Children and Women of Childbearing Age: Reference Range Data from NHANES 1999-2000. *Environmental Health Perspective*. 2004; 112 (11): 1165-71. Disponible en: <http://www.ehponline.org/members/2004/7046/7046.html>
38. Prieto Valtueña J., Yuste Ara J. *La Clínica y el Laboratorio*. 21ª Edición. Editorial Elsevier. España; 2010.
39. Van Wendel de Joode Berna, et al. *Manual de Pruebas Neuroconductuales*. Universidad Nacional de Heredia. Costa Rica; 2000.
40. Fundación Alianza por la Minería Responsable. *Estándar Fairmined para Oro de Minería Artesanal y de Pequeña Escala, Incluyendo Metales Preciosos Asociados*. Versión 2.0; 2009-2014.
41. Organización Internacional del Trabajo. *Seguridad y salud en las minas a cielo abierto*. 2ª edición. Ginebra; 2018.
42. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*. Vol.3; 2008
43. MMSD, *Proyecto Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable*. Minería Artesanal y en Pequeña Escala. Capítulo 13.



44. Avendaño Castellón, N. Análisis de la Actividad Minera en Nicaragua, 2006-2016. Cámara de Minería de Nicaragua. Nicaragua; 2017
45. Amador Rodezno R., Lundberg I., et al. Desarrollo de un Cuestionario en Castellano sobre Síntomas Neurotóxicos. Rev Salud de los Trabajadores. Vol. 2. N°2; Julio, 1994
46. Ramirez A. Intoxicación ocupacional por mercurio. An Fac med. 2008;69(1):46-51
47. Rincón C, Serra E, Baselga E, et al. Síndrome de Baboon. Dermatología CMQ 2008;6(4):215-220
48. Asmat-Inostrosa MP, Valdés-Valdazo J, De-La-Torre Robles JM. Intoxicación ocupacional por mercurio y la neurotoxicidad. Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2017; 26: 206-211.



ANEXOS



INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Ítem a: CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICA

1. **Sexo:** Hombre: ___ Mujer: ___
2. **Edad:** _____
3. **Escolaridad:**
Analfabeta: ___ Primaria: ___ Secundaria: ___ Universidad: ___ Técnico: ___
4. **Estado civil:**
Soltero: ___ casado: ___ Divorciado: ___ Viudo: ___ Unión libre: ___
5. **Número de hijos:** _____

Ítem b: ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS

¿Alguna vez un médico le ha dicho que padece de alguna de estas enfermedades?

1. **Hipertensión arterial:** Si: ___ No: ___
 - ¿Hace cuánto tiempo fue diagnosticado? _____
 - ¿Fue diagnosticado antes o después de comenzar a laborar en minería artesanal?
 - Antes: _____ Después: _____
2. **Cardiopatías:** Sí: ___ No: ___
 - ¿Hace cuánto tiempo fue diagnosticado? _____
 - ¿Fue diagnosticado antes o después de comenzar a laborar en minería artesanal?
 - Antes: _____ Después: _____

IAM Si:___ No:___ **Insuficiencia cardiaca** Si:___ No:___
Insuficiencia valvular Si:___ No:___
3. **Diabetes Mellitus:** Sí: ___ No: ___
 - ¿Hace cuánto tiempo fue diagnosticado? _____
 - ¿Fue diagnosticado antes o después de comenzar a laborar en minería artesanal?
 - Antes: _____ Después: _____

Tipo 1 Si:___ No:___ **Tipo 2** Si:___ No:___
4. **Enfermedad renal crónica:** Si:___ No:___
 - Estadio 1: ___ Estadio 2: ___ Estadio 3: ___ Estadio 4: ___ Estadio 5: ___
 - ¿Hace cuánto tiempo fue diagnosticado? _____
 - ¿Fue diagnosticado antes o después de comenzar a laborar en minería artesanal?
 - Antes: _____ Después: _____
5. **Asma:** Si: ___ No: ___
 - ¿Hace cuánto tiempo fue diagnosticado? _____



- ¿Fue diagnosticado antes o después de comenzar a laborar en minería artesanal?
Antes: _____ Después: _____
- 6. Epilepsia: Si: ___ No: ___
- ¿Hace cuánto tiempo fue diagnosticado? _____
- ¿Fue diagnosticado antes o después de comenzar a laborar en minería artesanal?
Antes: _____ Después: _____

¿Toma algún medicamento? Si: _____ No: _____

¿Cuál?: _____	Dosis: _____	Intervalo: _____
¿Cuál?: _____	Dosis: _____	Intervalo: _____
¿Cuál?: _____	Dosis: _____	Intervalo: _____
¿Cuál?: _____	Dosis: _____	Intervalo: _____
¿Cuál?: _____	Dosis: _____	Intervalo: _____
¿Cuál?: _____	Dosis: _____	Intervalo: _____

Ítem c: ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS

¿Usted consume alguno de estos productos?

1. Alcoholismo: Sí: ___ No: ___
 ¿Cuántos días de la semana? 1-2 días: ___ 2-3 días: ___ >3 días: ___
 ¿Qué tipo de bebidas alcohólicas ingiere?:
 Cerveza: ___
 Ron: ___
 Wiski: ___
 Otro: _____
 ¿Cuánto botellas ingiere de alcohol al día?: <1 botella: ___ 1-2 botellas: ___
 2-3 botellas: ___ >3 botellas: ___
 ¿Cuánto alcohol contiene cada botella?: <250ml: ___ 250ml: ___ >250ml: ___
2. Tabaquismo: Si: ___ No: ___
 ¿Cuántos días de la semana fuma?: _____
 ¿Cuántos cigarrillos por día fuma?: _____
3. Ingesta de Café: Si: ___ No: ___
 ¿Cuántos días de la semana ingiere café?: 1-2 días: ___ 2-3 días: ___ >3 días: ___
 ¿Cuántas veces al día?: 1-2 veces: ___ 2-3 veces: ___ >3 veces: ___
 ¿Cuánto consume de café?: <1 taza: ___ 1 taza: ___ 2 o más tazas: ___
4. Drogas: Si: ___ No: ___
 ¿Cuántos días de la semana ingiere drogas?: 1-2 días: ___ 2-3 días: ___
 >3 días: ___
 ¿Cuántas veces al día?: 1-2 veces: ___ 2-3 veces: ___ >3 veces: ___
 ¿Qué tipo de drogas?: _____



Ítem d: ACTIVIDAD QUE DESEMPEÑA ACTUALMENTE

1. ¿Cuántas horas trabaja al día?: _____
2. ¿Cuántos días trabaja a la semana?: _____
3. ¿Cuántos años ha laborado en la minería artesanal?: _____
4. ¿Qué actividad ejerce?: _____
5. ¿En qué lugares realiza la actividad?: _____

Ítem e: ANTECEDENTES LABORALES

1. ¿Qué trabajos ha desempeñado anteriormente?: _____
2. ¿Cuántos años desempeño este trabajo?: _____
3. ¿Cuántos días a la semana laboraba?: _____
4. ¿Cuántas horas al día laboraba?: _____

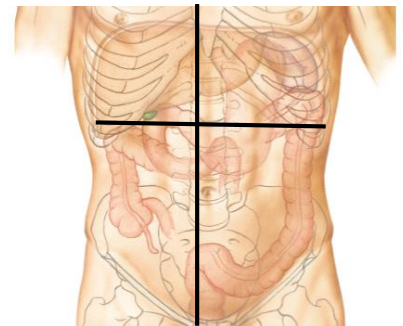
Ítem f: PATOLOGÍAS QUE HA PRESENTADO LUEGO DE LABORAR EN SU ACTUAL TRABAJO

1. Neurológicas:

- ¿Ha notado últimamente visión borrosa? Si: ___ No: ___
 ¿Desde hace cuánto tiempo?: _____
 ¿Esta condición ha mejorado o ha empeorado desde que lo notó?
 Empeorado: ___ Mejorado: ___ Igual: ___
- ¿Ha notado últimamente que no escucha bien? Si: ___ No: ___
 ¿Desde hace cuánto tiempo?: _____
 ¿Esta condición ha mejorado o ha empeorado desde que lo notó?
 Empeorado: ___ Mejorado: ___ Igual: ___

2. Gastrointestinal:

- ¿Ha tenido diarrea en los últimos días? Si: ___ No: ___
 Color: _____
 Cantidad: _____
 Olor: _____
 Frecuencia/día: _____
- ¿Ha presentado dolor abdominal en los últimos días?
 Por favor marque con una "x" el área en donde sienta dolor (En caso de ser generalizado dibuje un círculo)
- ¿Ha presentado náuseas y/o vómitos en los últimos días?



¿Con qué frecuencia al día?: _____



3. Cardiovasculares

¿Últimamente ha presentado uno o más de los siguientes síntomas?:

PA >140/90 mmHg (En caso de tomarse la presión arterial rutinariamente) más:

- Cefalea: ____
- Tinnitus: ____
- Escotomas: ____
- Aumento de T° corporal: ____
- Dolor torácico: ____
- Palpitaciones: ____

4. Dérmicas:

¿Últimamente ha presentado uno o más de los siguientes síntomas?:

- Ampollas en brazos, antebrazos, cuello o cara: ____
- Escamas de color rojo en brazos, antebrazos, cuello o cara: ____
- Resequedad en la piel: ____
- Coloración rojiza de la piel: ____
- Comezón: ____
- Dolor: ____
- Irritación: ____

Ítem g: Uso de Equipo de Protección Personal (EPP):

1. ¿Usa Equipo de Protección Personal? Si: ____ No: ____
2. ¿Qué objetos de protección usa?
 Vestimenta adecuada (Camisa manga larga, pantalón): ____
 Mascarilla: ____
 Guantes: ____
 Gafas protectoras: ____
 Calzado adecuado (Zapatos cerrados/botas): ____
3. Uso de EPP durante toda su jornada laboral: Si: ____ No: ____



Cuestionario Q16

Formulario de aplicación y registro

Diga: Ahora le voy a hacer una serie de preguntas. Por favor, responde solamente con un “Sí” o “No”

Código:

Fecha: / /

Hora:

- | | Sí | No | |
|-----|-----|-----|--|
| 1. | () | () | ¿Es olvidadizo (a)? |
| 2. | () | () | ¿Le han dicho sus familiares y/o amigos que es olvidadizo(a)? |
| 3. | () | () | ¿A menudo se olvida de realizar actividades que considere importantes? |
| 4. | () | () | ¿Le es difícil entender las noticias, programas o novelas que se ven en la televisión o escucha en la radio? |
| 5. | () | () | ¿Tiene a menudo dificultad para concentrarse? |
| 6. | () | () | ¿Se siente a menudo enojado(a) sin motivo? |
| 7. | () | () | ¿Se siente a menudo abatido(a) o triste sin motivo? |
| 8. | () | () | ¿Le cuesta decidirse realizar actividades que usted sabe debe realizar? |
| 9. | () | () | ¿Se siente anormalmente cansado? |
| 10. | () | () | ¿Siente a veces como una presión en el pecho? |
| 11. | () | () | ¿Ha sentido de pronto como que se va a caer al estar de pie o caminando? |
| 12. | () | () | ¿Siente usted a menudo punzadas dolorosas, adormecimiento u hormigueo en alguna parte del cuerpo? |
| 13. | () | () | ¿Le resulta difícil abrocharse los botones? |
| 14. | () | () | ¿Siente que ha perdido fuerza en sus brazos o en sus piernas? |
| 15. | () | () | ¿Ahora siente menos que antes en sus manos o en sus pies? |



16. () () ¿A menudo se despierta, costándole luego conciliar el sueño?

Examinador:

¿La persona entendió? Si () No ()

¿Tuvo cuidado al contestar? Si () No ()

Observaciones:

Puntaje:



Nº: _____

Fecha: ____/____/____

CONSENTIMIENTO INFORMADO:

Reciba un cordial saludo de nuestra parte. Somos estudiantes de VI año de medicina de UNAN-León. Le invitamos a participar en un estudio que lleva por título “Repercusiones sistémicas por exposición a Mercurio (Hg) en trabajadores de Minería Artesanal”. El objetivo de la presente es informarle acerca del propósito de este estudio, el cual será supervisado por el tutor Dr. Luis E. Blanco.

Deberá contestar algunas preguntas, las cuales son necesarias para cumplir con los objetivos de dicho trabajo investigativo. Posteriormente, se le pedirá realizar una toma de muestra de orina (la técnica será explicada previo a la toma), con el propósito de cumplir con las metas propuestas por los investigadores.

Se le dará el tiempo que necesite para considerar si desea participar, así como también, para tomar la decisión de invitar a un familiar/amigo para que tome el papel de testigo al momento de explicar en qué consiste su contribución y firmar este documento.

Por otro lado, su participación no conlleva ningún riesgo físico ni social, asimismo, ningún beneficio económico, sin embargo, cada una de sus respuestas nos ayuda a llenar los vacíos sobre el tema en cuestión.

Su participación es de carácter “voluntaria”, es decir, usted tiene derecho a rechazar su participación en el momento que desee.

Se garantiza total confidencialidad con respecto a sus datos personales y con la información secundaria recopilada. Su nombre será omitido al momento de ejecutar el trabajo investigativo, así como cualquier información brindada que considere no deba ser de carácter público.

Se le facilitará una copia de este documento para que tenga acceso a información de los investigadores a cargo para que aclare dudas referentes a su situación de salud o para informarle el estado de esta.



Le pedimos nos haga saber, al momento de llenar el cuestionario, si tiene alguna duda o considera que este contiene preguntas que no puede contestar. ¡Agradecemos su participación!

Yo, _____, hago constar que he entendido el propósito de mi participación y lo que esto conlleva de acuerdo a lo explicado previamente, por lo que acepto ser partícipe del estudio.

Firma del participante

Firma del testigo

Firma del tutor

Firma del investigador

N° de teléfono: 5555-5555



Hereby Certifies that

**BIANCA TZUNAMI
PACHECO RUIZ**

has completed the e-learning course

**INTRODUCTION TO CLINICAL
RESEARCH**

with a score of

100%

on

09/06/2019

This e-learning course has been formally recognised for its quality and content by the following organisations and institutions



Global Health Training Centre
globalhealthtrainingcentre.org/elearning

Certificate Number eb1021cd-d38f-459d-9c2d-440fc0a6f22d Version number 0



Hereby Certifies that

**NUBIA MARIA PASTORA
ESPINOZA**

has completed the e-learning course

**INTRODUCTION TO CLINICAL
RESEARCH**

with a score of

100%

on

09/06/2019

This e-learning course has been formally recognised for its quality and content by the following organisations and institutions



Global Health Training Centre
globalhealthtrainingcentre.org/elearning

Certificate Number eb1021cd-d38f-459d-9c2d-440fc0a6f22d Version number 0