

ANÁLISIS DE LAS ENFERMEDADES LABORALES PRODUCIDAS POR LA  
EXPOSICIÓN A MERCURIO

PRESENTADO POR:

EDNA FERNANDA MÉNDEZ MONDRAGÓN

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de especialista en  
gerencia de la seguridad y salud en el trabajo.

Asesor

UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADO  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN  
BOGOTÁ D.C.

2020

ANÁLISIS DE LAS ENFERMEDADES LABORALES PRODUCIDAS POR LA  
EXPOSICIÓN A MERCURIO

EDNA FERNANDA MÉNDEZ MONDRAGÓN

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de especialista en  
gerencia de la seguridad y salud en el trabajo.

Código de la estudiante:

96986

UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADO  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN  
BOGOTÁ D.C.

2020

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
1. TÍTULO.....	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
2.1 Descripción del problema .....	11
2.2 Sistematización de la pregunta.....	12
3. OBJETIVOS.....	13
3.1 Objetivo general .....	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIONES .....	14
4.1 Justificación.....	14
4.2 Delimitaciones .....	15
4.3 Limitaciones .....	15
5. MARCOS DE REFERENCIA .....	16
5.1 Estado del Arte.....	16
5.2 Marco teórico.....	20
5.1.1 Higiene laboral.....	23
5.1.2 Reporte de enfermedad laboral.....	29
5.1.3 Agentes químico contaminantes.....	30
5.1.4 El mercurio en la minería.....	32
5.3 Marco legal .....	33
6. MARCO METODOLÓGICO .....	35

7.	RESULTADOS .....	38
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	43
9.	CONCLUSIONES .....	47
10.	RECOMENDACIONES .....	48
	REFERENCIAS .....	49

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Cuadro conceptual con los subsistemas del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo.....	21
<i>Figura 2.</i> Metodología de intervención de higiene laboral.....	25
<i>Figura 3.</i> Proceso de medición de muestras químicas. ....	27
<i>Figura 4.</i> Formas de presentación de las sustancias químicas. ....	31
<i>Figura 5.</i> Cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto.....	37
<i>Figura 6.</i> Presupuesto del proyecto.....	37
<i>Figura 7.</i> Protocolo PRISMA. ....	38
<i>Figura 8.</i> Artículos por año de publicación. ....	40
<i>Figura 9.</i> Artículos por idioma de publicación. ....	41
<i>Figura 10.</i> Artículos por lugar de estudio.....	41
<i>Figura 11.</i> Enfermedades/patologías reportadas en los artículos. ....	42
<i>Figura 12.</i> Elementos de protección personal reportados en los artículos. ....	42

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mi madre, quien ha estado siempre a mi lado, me ha apoyado en cada decisión que he tomado y me ha guiado con sus valores y perseverancia por este camino de la vida. Gracias a su ayuda puede estudiar y siempre luchar por alcanzar mis metas y crecer como persona. A mi hermana, quien siempre me ha brindado su ayuda cuando lo requiero, a estado en cada paso de mi vida acompañándome y por quien me esfuerzo en ser su guía. A mi novio quien siempre me ha impulsado a crecer, a educarme y no quedarme quieta, me anima en los momentos en los que flaqueo y quien me inspira con su dedicación y amor por lo que hace. A mis tíos y primo quienes siempre han estado a nuestro lado apoyándonos, y quienes son un modelo a seguir.

Finalmente, quiero agradecer a mis maestros quienes guiaron mi aprendizaje para convertirme en una mejor profesional, por encaminar el presente trabajo y buscar que el producto final lograra la excelencia requerida.

## **RESUMEN**

En Colombia se han tomado medidas para disminuir o eliminar el uso de mercurio en las industrias, pues es conocido su alto nivel tóxico para la salud humana y el medio ambiente. Estas medidas van acorde a lo establecido en acuerdos internacionales para eliminar el problema de salud pública ocasionado por este metal. Sin embargo, la minería artesanal o ilegal aún se encuentra de gran manera en el país y los controles gubernamentales sobre esta actividad son escasos. Esto ocasiono que se siga empleando el mercurio para la extracción del oro y sin las medidas de protección personal necesarias ni las evaluaciones periódicas para determinar un cambio en la salud de los mineros.

Varios estudios demuestran que la población minera ha estado expuesta al mercurio de manera prolongada y presentan alteraciones a la salud relacionadas con este metal, como lo son cefaleas, cambio de comportamiento, insomnio, alteraciones en el ADN, alteraciones en la menstruación entre otros. Este texto analiza las medidas tomadas en Colombia y expone la realidad de la población minera que sufre el abandono gubernamental.

Palabras clave: exposición, mercurio, enfermedades laborales.

## INTRODUCCIÓN

Las características propias del mercurio han incentivado su uso en la industria desde hace varios años. En muchos de los procesos en los que es usado su función es únicamente como catalizador que facilita la obtención de productos de consumo masivo, como el cloro, bombillas, pilas, entre otros, y otros de consumo más específicos como tubos de intercambiadores de calor o espumas de poliuretano (Ministerio de Salud, 2018b).

La industria minera es una de las cuales utiliza este metal como medio de ayuda para la rápida obtención del oro, puesto que forma amalgamas (aleación de mercurio con otros metales) con el metal precioso que permiten extraerlo de las fuentes hídricas de manera rápida y económica. Sin embargo, el mercurio es altamente toxico tanto para el medio ambiente como para la salud humana, es por esto que muchos países han tomado medidas necesarias para que cada una de sus industrias elimine o reduzca el uso del este metal en sus procesos; Colombia no es la excepción.

El convenio de Minamata es un tratado global que busca eliminar el uso del mercurio y así proteger la salud humana y el medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas (ONU), s.f). Colombia acepto los reglamentos establecidos en este congreso y se comprometió a la implementación de estos por medio de la ley 1892 de 2018 (Ministerio de Salud, 2018a).

Sin embargo, el panorama real del país es otro, pues aún se sigue presentando el uso indiscriminado y sin control gubernamental del mercurio en la minería artesanal, no solo ocasionando daños ambientales tanto en fuentes hídricas como a nivel terrestre, sino que presenta una afectación a la salud de los mineros que manipulan constantemente este metal.

A pesar de las normativas que el gobierno ha tomado para la disminución del uso del mercurio y de la disposición del uso de elementos de protección personal y de un adecuado manejo de sustancias toxicas, la minería parece ir en contra de todas estas medidas, es por esto



que el presente trabajo busca recopilar estudios que demuestran la realidad de esta problemática, así como la recopilación de las normativas aplicables a esta industria, que demuestra una falta de control y compromiso gubernamental.

## 1. TÍTULO

Análisis de las enfermedades laborales producidas por la exposición a mercurio.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 Descripción del problema

El Mercurio es un elemento que a través del tiempo ha sido ampliamente utilizado en la industria por ser el único metal líquido en condiciones normales (temperatura ambiente) (Ministerio de Salud, 2018b). Actualmente es usado como catalizador en los procesos de minería artesanal o a pequeña escala, mayormente se da en Latinoamérica, en los procesos de producción de cloro, soda cáustica, monómero de cloruro de vinilo y de espumas de poliuretano, en la fabricación de termómetros y manómetros; así mismo se presenta de manera involuntaria en procesos como la quema de carbón donde se liberan trazas de mercurio natural, así como en los hornos de cemento (Ministerio de Salud, 2018b).

Es un compuesto altamente nocivo para la salud humana, que no solo afecta a quienes lo manipulan sino a toda la población en general, pues una de sus propiedades es la persistencia en el ambiente y la fácil movilidad de sus partículas (García *et al.*, 2007). Su amplio uso industrial ha creado un problema mundial para prohibir su uso, pues en muchos casos es indispensable para ciertos procesos, por lo que se ha buscado regular su uso de manera gradual para no crear una crisis para las industrias que lo usan o producen.

La exposición al mercurio en los trabajadores de estas industrias puede causar graves daños a su salud, pues este elemento es tóxico y puede causar afectaciones al sistema nervioso, al sistema respiratorio, al sistema digestivo e hígado y al sistema genitourinario, trastornos mentales o de comportamiento, enfermedades en ojos y oídos, e intoxicaciones (Ministerio del Trabajo, 2014b).

En 2005, se creó la Asociación Mundial sobre el Mercurio del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la cual tiene como objetivo minimizar o eliminar las

emisiones de mercurio y sus compuestos, con el fin de proteger la salud y el medio ambiente (United Nations Environment Programme, s.f.). Actualmente, es el organismo encargado de controlar que se cumplan los acuerdos pactados en el convenio de Misamata.

En Colombia, se ha tomado conciencia de la problemática y se decretó la ley 1892 de 2018 donde se aprueba el convenio de Misamata que se realizó en Japón en 2013 (Ministerio de Salud, 2018a). Sin embargo, antes de que esta ley fuera decretada, la ley 1658 de 2013 ya había sido implementada, en la cual se regula el uso de mercurio en el país y se establecen incentivos para su reducción o eliminación, entre otras disposiciones (Ministerio de Salud, 2018a). A pesar de este esfuerzo por parte del gobierno colombiano, las industrias siguen con el uso del mercurio, sobre todo en la minería a pequeña escala o artesanal, provocando enfermedades en sus empleados.

### **Pregunta de investigación**

¿Cuáles son las principales enfermedades producidas por la exposición al mercurio en los trabajadores?

### **2.2 Sistematización de la pregunta**

¿Cuáles formas de exposición al mercurio son las más riesgosas?

¿Cuáles son las enfermedades que más afectan a la salud?

¿Qué industrias son las que presentan mayores enfermedades en sus trabajadores?

¿Qué medidas hay para mitigar o eliminar el contacto de los trabajadores con el mercurio y sus compuestos?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Analizar las enfermedades laborales producidas por la exposición a mercurio en las poblaciones mineras en los últimos ocho años (2012-2020).

#### **3.2 Objetivos específicos**

- a. Recopilar información bibliográfica sobre las enfermedades laborales producidas por exposición al mercurio en las poblaciones mineras desde el 2012 a la actualidad.
- b. Identificar las enfermedades principales por la exposición al mercurio en los trabajadores de las minas.
- c. Conocer las medidas que se toman para prevenir o eliminar las enfermedades por exposición al mercurio en la población minera.

## 4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIONES

### 4.1 Justificación

Son varias las enfermedades causadas por la exposición al mercurio, la mayoría afecta de manera grave y crónica al trabajador. Este es quien se ve más perjudicado por el padecimiento de dichas enfermedades, pero también tiene un impacto en la industria, pues se presentan mayores bajas laborales, mayores costos en salud por el cubrimiento de tratamientos médicos, causando así mismo impacto en las ARLs y EPSs.

A través de los años los países han tomado conciencia de la problemática del uso del mercurio tanto para la salud de los trabajadores, de las industrias que lo usan, como para la población en general, por lo que se han tomado medidas para disminuir y eliminar su uso. Sin embargo, en muchos casos estas medidas han sido insuficientes y se sigue utilizando en el área de odontología y minería a pequeña escala o artesanal, al igual que se da un mal manejo en procesos de producción en los que el mercurio es obtenido como subproducto.

La minería artesanal o ilegal, se presenta en su mayoría países latinoamericanos, donde no se ha logrado controlar esta actividad ni lo que está implica, como lo es la exposición al mercurio y otros metales pesados por parte de los mineros, lo que lleva a una falta de control en las enfermedades laborales de estos trabajadores y un apoyo real por parte de los empleadores, dando un abandono en la salud de los mineros. Esto sin contar la cantidad de mineros que no cuentan con sistemas de salud o ARL, pues se encuentran ejerciendo esta actividad de manera ilegal.

Por todo esto se hace necesario un análisis de las enfermedades producidas por la exposición a este metal, pues en varios países su uso aún es frecuente y poco regulado, por ejemplo, en

Colombia con la minería artesanal informal; lo que genera enfermedades de tipo laboral en la población trabajadora generando problemas de Higiene industrial.

#### **4.2 Delimitaciones**

- Operacional: El presente estudio se enfoca en la higiene industrial, con el fin de analizar desde este campo los documentos que exponen las afectaciones a la salud por la exposición al mercurio, así mismo se tiene en cuenta la normatividad vigente, en especial la normatividad colombiana, que regula el uso de este metal en la industria.

- Temporal: Se estima que la culminación de este proyecto para diciembre de 2020, acorde con la duración del programa de la especialización en gerencia de la seguridad y salud en el trabajo.

#### **4.3 Limitaciones**

- Dificultad de acceso a información por documentos inaccesibles, falta de estadísticas o demora en acceso a artículos o libros.
- Falta de normatividad o acciones legales para evitar o disminuir el manejo del mercurio.
- Falta de fuentes de información, estudios y estadísticas de carácter nacional y actualizadas.

## 5. MARCOS DE REFERENCIA

### 5.1 Estado del Arte

La minería artesanal ha estado presente en el país desde muchos años atrás, los pueblos mineros son los más afectados por consecuencias de la exposición al mercurio. Según el artículo *“Percepción sobre daños a la salud y utilidad de medidas de protección de personas expuestas ocupacionalmente al mercurio en la minería del oro”* de García-Ardila, Muñoz-Vallejo y Rodríguez-Gázquez (2012), alrededor de 250.000 mineros son los expuestos al mercurio, estado la gran mayoría en el departamento de Antioquia, pues produce el 70% del oro del país. Los autores observaron que el 16.1% de los mineros encuestados acudieron a consulta médica, por lo menos una vez en la vida, por problemas de salud relacionados con la exposición al mercurio.

Otra de las zonas afectadas en el país por esta práctica es el departamento de Bolívar como se puede evidenciar en *“Contaminación por mercurio en aire del distrito minero de San Martín de Loba en el departamento de Bolívar, Colombia”* (Caballero-Gallardo, Olivero-Verbel, y Young-Castro, 2014), esta zona minera presenta altos niveles de mercurio en el aire, no solo en las áreas mineras, sino en el área urbana donde se procesa y comercializa el metal.

*“Exposición al mercurio en trabajadores de una mina de oro en el norte de Colombia”* (Hernández, Mesquidaz y Negrete, 2013) expone la misma problemática en el departamento de Córdoba, donde evalúan el nivel de exposición al mercurio de los trabajadores por medio de la orina, que es un marcador biológico altamente confiable para este fin. En la población minera evaluada solo el 28.59% presentaba niveles de mercurio mayores a los recomendados por la ONU (20 µg/L), este exceso de mercurio es atribuido a la inhalación de los vapores liberados durante la fundición de amalgamas.



Una de las muchas afectaciones provocadas a causa de la exposición al mercurio es la alteración genotóxica como lo señala el artículo “*Correlación entre la concentración urinaria de malondialdehído y daño en el ADN en personas expuestas a mercurio*” de Acevedo, Arroyave, Castaño y Vásquez (2014) en donde se expone la prueba cometa que permite identificar las alteraciones en el ADN provocadas por el mercurio, explican que a mayor exposición a este metal se produce una mayor producción de malondialdehído, que se traduce en mayor daño genético.

Otro artículo que sustenta este tipo de alteración en la población minera es “*Efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana, Colombia, 2013*” realizado por Calao y Marrugo en 2015, en los cuales se evaluaron la presencia de metales pesados en la sangre de las personas expuestas y de un grupo control no expuesto, allí se evidencia una diferencia entre las concentraciones de mercurio de los dos grupos, siendo mayor la de los mineros. Esta concentración lo relacionan con daños en el ADN presentado por la población expuesta al mercurio y al cadmio.

En el artículo “*Hacia un plan nacional para el control de los efectos del mercurio en la salud en Colombia*” los autores Casas, Girón, Gómez, Mateus y Rodríguez (2015) hacen un análisis literario sobre los efectos de la exposición a mercurio en la salud, allí discuten sobre las enfermedades provocadas por la exposición al mercurio, también concluyen que el grupo más estudiado en Colombia sobre estos efectos son los mineros. Se hace referencia a una falta de investigaciones más profunda a nivel nacional sobre la relación entre el cáncer y la exposición a este metal.

El sistema reproductivo humano también se ve afectado por el mercurio, “*Irregularidad menstrual y exposición a mercurio en la minería artesanal del oro en Colombia*” (Jaimes,

Manquián-Tejos, Rodríguez-Villamizar y Sánchez, 2015) expone que se han asociado alteraciones en el espermagrama a la exposición al metilmercurio, así como al aborto, la irregularidad menstrual y a la dificultad en la fecundación por la exposición al mercurio elemental en el área odontológica. En cuanto a la minería, concluyen que la exposición a vapores de mercurio está asociada a la irregularidad menstrual, aunque no tiene relación aparente con el aborto.

En estudios más recientes, “*Exposición ocupacional y ambiental a mercurio en el departamento de Chocó, Colombia, 2015-2016: informe preliminar.*” realizados por Díaz *et al.* (2016), se observa que el nivel de mercurio en la sangre en personas expuestas ocupacionalmente a este metal alcanza hasta 175,5 ug Hg/L, el cual fue mayor que la población expuesta ambientalmente, este comportamiento se repitió en las muestras de orina y cabello; se estableció que los trabajadores presentan aproximadamente 20 años de exposición al mercurio.

Otro informe realizado, “*Vigilancia epidemiológica y evaluación del impacto en salud por exposición ocupacional y ambiental a mercurio en los departamentos de la zona de la Mojana, Colombia, 2014 – 2015*” de los autores Díaz, Muñoz y Palman (2016) expone las condiciones de trabajo de los mineros en zonas del país que comprenden las regiones de Bolívar, Sucre, Antioquia y Córdoba; en este informe se analizaron muestras biológicas de los trabajadores, y se estudió el uso de elementos de protección personal por parte de los mineros así como ciertos síntomas presentados por la exposición al mercurio, concluyendo que el sistema nervioso es el más afectado pues 41,2% de los trabajadores presentaba afectaciones en este.

El artículo “*Condiciones laborales y conocimiento sobre mercurio en compradores de oro y trabajadores de “entables”, Antioquia (2013- 2014)*” de los autores Molina y Quiroz en el año 2016, muestra las condiciones de trabajo de los mineros, explicando que el 8,4% de los

trabajadores no cuenta con afiliación a un régimen de salud, al igual que muchos de ellos exceden las jornadas laborales. Igualmente evalúan el nivel de desinformación de los trabajadores sobre la contaminación del mercurio y sus efectos en la salud; de los trabajadores en el estudio solo el 25% utilizaba elementos de protección personal completa y un 13,1% únicamente utiliza mascarilla, mientras el resto no utiliza ningún elemento de protección.

Un informe gubernamental titulado “*Plan de mercurio para el sector salud*” realizado por el Ministerio de Salud y Protección Social en 2018, recopila toda la normatividad vigente y las acciones que se han tomado en Colombia con respecto a la regulación del mercurio. Igualmente, evalúa el impacto en el sistema de salud que tienen las principales áreas laborales que usan este metal y las enfermedades que su exposición produce. Finalmente, expone un plan de acción en el sector salud para ayudar a la reducción y eliminación del mercurio y así mejorar la salud humana.

En el artículo “*Efectos de la minería en Colombia sobre la salud humana*” el autor, Olivero (2012), explica la forma en la que los mineros y sus familias se ven expuestos al mercurio y como este los afecta, no solo al considerar las afectaciones directas a su salud, sino en la búsqueda de una mejora mental que los conduce al alcoholismo entre otras prácticas poco sanas; resalta también que el factor económico es un gran determinante para el uso de este metal, añadiendo que gracias a este factor los niños también desarrollan actividades mineras exponiéndose a este metal.

En un estudio más reciente, “*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*”, Cuesta, Lopez y Uribe (2019) exponen que los mineros de esta zona llevan en promedio de 21 a 30 años desempeñando esta labor, con una exposición continua al mercurio. Se analizaron los síntomas expuestos por los mineros y se relacionaron a la exposición

al metal pesado, entre los síntomas más comunes se encuentran los dolores de cabeza, disminución de la agudeza visual, temblores y pérdida de memoria.

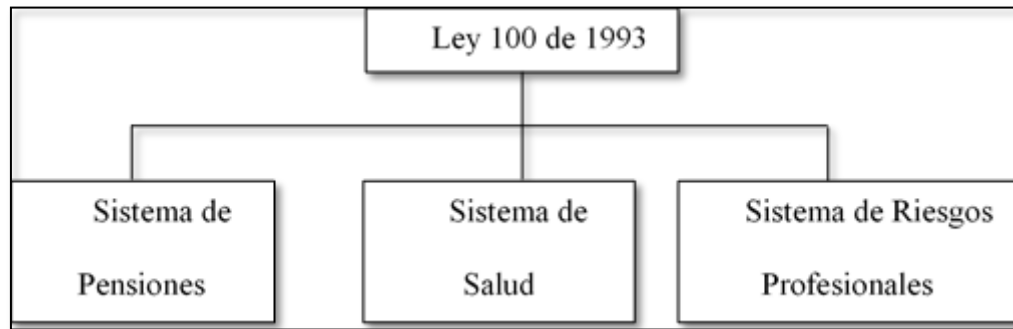
Un estudio español, *“Intoxicación ocupacional por mercurio y la neurotoxicidad”* realizado por Asmat, Valdés y De La Torre (2017), analiza el caso de un trabajador de caldera que estaba expuesto a gases sulfurosos con residuos de mercurio y que en un inicio presentó síntomas de diarrea acompañada de sangre y mucosa. Exponen que los niveles de mercurio en sangre y orina del trabajador eran altos, por lo que se procedió a un estudio del ambiente laboral donde se encontró un ambiente nocivo para todos los trabajadores, pues las áreas de comida se encontraban cercanas al área de exposición al gas.

Otro estudio realizado se centró en el personal odontológico, *“Evaluation of kidney function and oxidative stress biomarkers in prolonged occupational exposure with mercury in dentists”* (Ghanizadeh, Hosseini, Rastgoo y Yazdanian, 2020), donde se midieron las concentraciones de mercurio, tanto en la orina como en la sangre, de un grupo control y de un grupo de personal odontológico (dentistas y asistentes) y los indicadores de actividad renal. Se encontró mayor concentración de mercurio en el grupo de exposición que en el grupo control, sin embargo, estas cantidades no sobrepasaban las permitidas por la Organización Mundial de la Salud. Aunque no se encontró una relación directa entre las concentraciones de mercurio con fallas renales, se concluye que sí presenta relación con varias disfunciones biológicas.

## **5.2 Marco teórico**

Actualmente en Colombia existe el Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo, el cual busca prever, reconocer, evaluar y controlar los posibles riesgos que afectan la seguridad y salud en el entorno laboral (Ministerio del Trabajo, s.f.).

Figura 1. Cuadro conceptual con los subsistemas del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo.



Nota. Propia del autor.

A partir de la ley 100 de 1993 se estipuló que todos los empleados debían ser afiliados al Sistema de Seguridad Social y sus subsistemas como se aprecia en la *figura 1*. Las Entidades Prestadoras de Salud (EPS) son las encargadas de prestar los servicios del Sistema de Salud, las Aseguradoras de Riesgos Laborales (ARL) son las encargadas del Sistema de Riesgos Profesionales y ambas requieren de las Instituciones Prestadoras de Servicios (IPS) para cumplir con los requerimientos de cada sistema cuando el trabajador lo requiera (Congreso de la República de Colombia, 1993). Finalmente, las Administradoras de Fondos de Pensiones son las entidades encargadas del Sistema de Pensiones (Congreso de la República de Colombia, 1993).

En 1986 se creó el Comité de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial por medio de la resolución 2013 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1986), actualmente reciben el nombre de Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo – COPASST gracias a ley 1443 de 2014 (Ministerio del Trabajo, 2014a); estos comités están integrados tanto por representantes del empleador como por representantes de los trabajadores. El objetivo del comité es velar por el cumplimiento de las normas de seguridad y salud en la empresa tanto por parte del empleado como por parte de los trabajadores, a esto se debe lo particular de su conformación (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1986). Entre sus funciones se encuentra la de formar parte del grupo investigador de causas de accidentes y enfermedades laborales, así como proponer

medidas de intervención sobre los agentes que los originaron (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1986).

El Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo se encuentra constituido por varias disciplinas, lo que le permite abarcar distintos aspectos del lugar laboral, entre estas se encuentran:

- Medicina laboral: Se encarga de la promoción, prevención y revisión de la salud ocupacional, por medio de la vigilancia epidemiológica, con el fin de garantizar el bienestar físico, mental y social de los empleados (Ministerio de Trabajo, 2016).
- Psicología laboral: Es la disciplina encargada de la salud mental de los trabajadores, no solo a nivel laboral, sino también involucra la conducta emociones actitudes y experiencias de su ámbito privado que puedan llegar a convertirse en un riesgo para su desempeño en la organización (Garavito y Guevara, 2017).
- Ergonomía: Esta disciplina se encarga de estudiar las interacciones del trabajador y los elementos propios de su entorno de trabajo (hombre-máquina, hombre-medioambiente), buscando siempre brindar confort, productividad y salud (Cortés, 2014).
- Seguridad laboral: Busca prevenir, identificar y corregir fallas operacionales relacionadas a la infraestructura, a los medios de producción y al ambiente laboral; su objetivo es evitar accidentes o emergencias laborales, eliminando dichos riesgos o minimizándolos (Cortés, 2014).
- Higiene laboral: Esta disciplina a diferencia de la seguridad industrial se enfoca en determinar, prevenir y controlar los factores, generados por la actividad de la empresa o por el lugar de la misma, que pueden ocasionar enfermedades laborales (Cortés, 2014; Ministerio de Trabajo, 2016).

Dado el amplio campo de cada una de estas disciplinas, en el presente trabajo solo se profundiza en la higiene laboral, pues es la disciplina que más compete al tema propuesto de trabajo.

### **5.1.1 Higiene laboral.**

Como se mencionó anteriormente, la higiene laboral busca la prevención de enfermedades laborales como consecuencia de distintos factores contaminantes que intervienen en los puestos de trabajo que afectan la salud del trabajador (Mateo, 2007, p.29). En Colombia, el artículo 9 del decreto 614 de 1984, define la higiene industrial como: "... el conjunto de actividades destinadas a la identificación, a la evaluación y al control de los agentes y factores del ambiente de trabajo que puedan afectar la salud de los trabajadores" (Presidencia de la Republica de Colombia., 1984, p.1).

Se hace necesario entonces aclarar el termino de **Enfermedad Laboral**, pues es el eje central de esta disciplina; el art.4 de la ley 1562 de 2012 la define como "Es enfermedad laboral la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar" (Congreso de la República, 2012). Las enfermedades consideradas como laborales en Colombia están establecidas en la ley 1477 de 2014, sin embargo, de comprobarse que una enfermedad que no se encuentra en esta tabla se origina a partir de los riesgos ocupacionales será considerada como enfermedad laboral.

En Colombia, es necesario llevar un control en la salud de los trabajadores, esto permite saber cómo está su estado de salud al momento de ingresar a una compañía, durante su permanencia en esta y al dejar de trabajar. Este control se hace por medio de tres exámenes médicos:

- Examen médico de pre-ingreso: Es el examen que se realiza a un trabajador próximo a entrar a la organización, con el fin de conocer el estado inicial de salud del

empleado y determinar que sus capacidades son acordes a las exigencias requeridas en el puesto de trabajo. Este tipo de evaluaciones son de obligatoria realización (“Normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo”,2018).

- Evaluaciones medica periódicas: Son exámenes que la empresa debe realizar de manera periódica a sus empleados con el fin de monitorear la salud de estos ante la exposición a los factores de riesgo de su puesto de trabajo, para de esta forma identificarlos a tiempo y poder tomar medidas correctivas (“Normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo”,2018).
- Examen médico de egreso: Estos exámenes sirven para que el empleador evalúe las condiciones de salud del trabajador al momento de su retiro (“Normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo”,2018).

El fin de estos exámenes es tener un mejor seguimiento de la salud de los trabajadores y detectar a tiempo posibles manifestaciones de enfermedades laborales a tiempo de ser tratadas y de tomar acciones correctivas sobre el entorno laboral.

Los diferentes entornos laborales están sometidos a uno o más agentes o factores contaminantes, como puede ser el ruido de las maquinarias, riesgos por el manejo de las materias primas o sustancias biológicas, según sea el caso, es por esto que es necesario clasificar dichos peligros según su origen:

- Peligros físicos: Son los producidos por las herramientas usadas en la actividad laboral; entre estos se encuentran la temperatura, el ruido, la iluminación, las vibraciones, la presión y la radiación (Piñeros, 2018a, p.8).
- Peligros biológicos: Son producidos por contacto con microorganismos que pueden generar enfermedades laborales en los empleados durante el desempeño de su labor. La

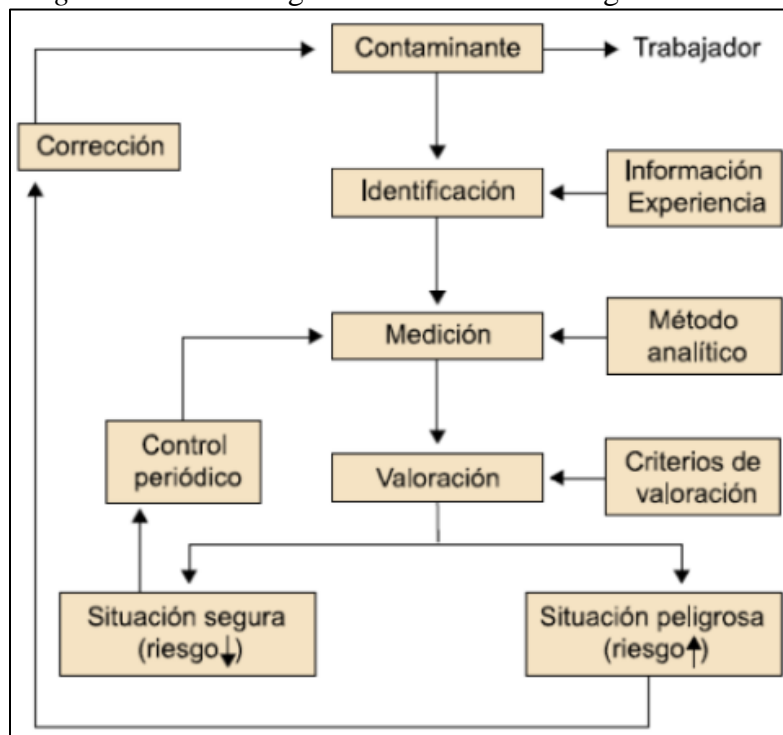


clasificación de los microorganismos son bacterias, virus, hongos o parásitos (Piñeros, 2018a, p.8).

- Peligros químicos: Estos peligros se dan por la presencia de sustancias químicas en la organización, controlando la producción, manejo, transporte almacenamiento o uso de estos (Piñeros, 2018a, p.8).

Al considerar que estos factores influyen en la salud de los trabajadores, por ser contaminantes, es necesario que la higiene industrial tome medidas sobre estos para eliminar o minimizar la afectación a la salud.

Figura 2. Metodología de intervención de higiene laboral.



Nota. Tomado de Higiene Industrial (p.31), por Baraza, Castejón y Guardino, 2015, Editorial UOC.

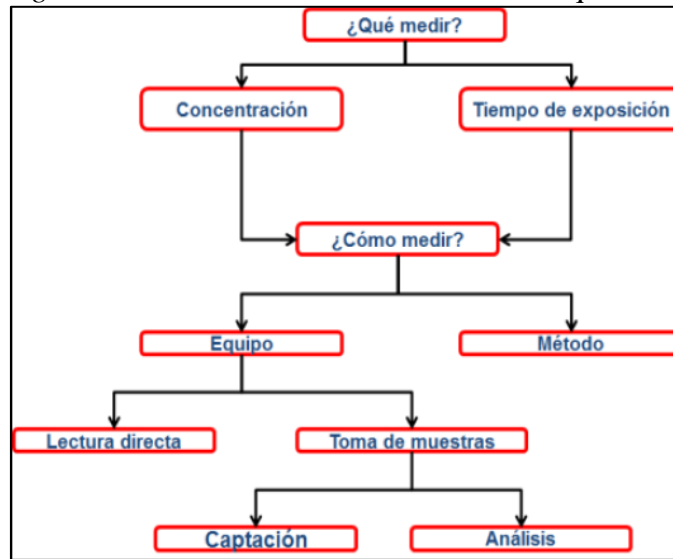
La forma de intervención de la higiene industrial sobre el ambiente de trabajo se muestra en la figura 2, donde se ve que en presencia de un contaminante el primer paso es su identificación, seguido de la respectiva medición y valoración según del tipo de peligro al que se esté expuesto

y en caso de ser necesario tomar medidas correctivas. Se va a profundizar cada uno de los pasos especialmente para peligros químicos, pues es el riesgo que desarrolla este trabajo.

Como ya se mencionó, lo primero de lo que debe encargarse la higiene laboral es **identificar** el contaminante al que están expuestos los trabajadores, en el caso de sustancias químicas la identificación puede ser complicada pues por los procesos que se llevan a cabo se pueden producir o mezclar diferentes compuestos (Mateo, 2007, p.40), por lo que es necesario realizar una caracterización de compuesto que revele su toxicología, las afectaciones que provoca en la salud, el estado en el que se encuentra y conocer en que parte del proceso halla; de igual manera se debe tener en cuenta que trabajadores estuvieron expuestos y sus características (edad, sexo, estado de salud, etc.) y el tiempo de exposición al agente contaminante (Piñeros, 2018b, p.25).

Las encuestas higiénicas son una herramienta de ayuda al momento de analizar que factor está influyendo sobre el ambiente de trabajo, permitiendo la recolección de información por medio de preguntas, tanto abiertas como cerradas, sobre los procesos, maquinaria, productos, entre otros aspectos de incidencia en la exposición de agentes contaminantes (Rubio, 2004, p.197). Es de gran utilidad cuando es necesario hacer estudios globales en la organización y esta presenta más de un tipo de factor contaminante (Piñeros, 2018b, p.29).

Figura 3. Proceso de medición de muestras químicas.



Nota. Tomado de Unidad 2. Estudios y actuaciones técnicas en higiene industrial, por Piñeros, 2018, Universidad ECCI.

Una vez identificado el tipo de agente químico contaminante, se debe realizar la **medición**. Como se observa en la figura 3, para esto se debe tener en cuenta diversos factores, pues cada sustancia es diferente por lo que requiere diferentes formas para ser medida. Es necesario establecer el mejor método o equipo para determinar la concentración en el ambiente de trabajo, en caso de que se requiera un equipo para la medición, se debe conocer cómo funciona (lectura directa o toma de muestras) y poder analizar los resultados obtenidos, con el fin de garantizar una confiabilidad en los resultados se debe también tener presente el tiempo de exposición con el fin de determinar la dosis recibida por los trabajadores (Piñeros, 2018b, p.25).

Los resultados obtenidos se someterán a **Evaluación o valoración**, en la que las concentraciones obtenidas se comparan con los parámetros establecidos, cabe resaltar que estos valores referencia son los considerados seguros para la salud; por tanto, si los niveles del contaminante están dentro de los parámetros se considera que es una situación segura en la que solo será realizar **controles periódicos** (Baraza et al, 2015, p.32).

De lo contrario, se considera un ambiente de trabajo crítico y requiere de **corrección o tratamiento** para que las concentraciones de los químicos disminuyan hasta considerarse seguras. Se requiere de toma de acciones para lograr bajar los niveles, estas acciones pueden ser de tipo organizacional, modificando los tiempos de exposición de los trabajadores (Mateo, 2007, p.43); y las de tipo técnicas que buscan reducir concentración de la sustancia en el ambiente de trabajo (Mateo, 2007, p.42). Ambas de estas técnicas reducen la dosis recibida por el trabajador, pero las de tipo técnica ayudan también a minimizar el impacto de la sustancia sobre el medio ambiente, y no solo el medio laboral, pues muchas de estas sustancias luego de ser liberadas causan también un daño a la población en general.

Algunas de estas medidas técnicas son la instalación de aislantes que permitan un mayor control en las áreas de más contaminación, verificar el estado adecuado de tuberías y conductos por donde circulan sustancias gaseosas o líquidas para no presentar fugas, almacenar de manera ordenada las sustancias para que no se presenten mezclas indeseadas, tener todas las medidas de control necesarias en caso de emergencias o contacto con sustancias altamente tóxicas, entre otras.

Finalmente, se debe presentar un informe técnico con el fin de exponer de manera clara las situaciones de riesgo higiénico encontradas en el puesto de trabajo, por tanto, debe explicar la naturaleza del contaminante encontrado y sus efectos, la normatividad vigente que aplica al contaminante donde se especifiquen las concentraciones permitidas, la metodología de medición y sus resultados, las conclusiones donde se evidencie una situación segura o de riesgo, y por último, las recomendaciones donde se propongan varias medidas de acción que se plantean para mejorar el medio de trabajo especificando el tiempo de implementación, costos y demás

elementos importantes para el encargado del área de trabajo (Mateo, 2007, p.48-50; Piñeros, 2018b, p.31) .

### **5.1.2 Reporte de enfermedad laboral.**

Al presentar cualquier tipo de síntoma, que considere está relacionada con su ocupación, el trabajador se debe dirigir a consulta con un médico laboral de su EPS, en caso de que esté lo considere emite un concepto con la presunción de enfermedad laboral. Si los síntomas del trabajador lo requieren el medico puede expedir una incapacidad, que dependerá de la severidad de la sintomatología (Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada, 2018, p.1).

- Incapacidad temporal: Es cuando el trabajador se encuentra impedido para realizar su trabajo durante un periodo de tiempo (Congreso de la República de Colombia, 2002).
- Incapacidad permanente parcial: Se presenta cuando un trabajador muestra una disminución, entre 5% a 50%, de sus capacidades laborarles de manera definitiva como resultado de una enfermedad o accidente de trabajo (Congreso de la República de Colombia, 2002).

Cuando el trabajador debe hacer llegar al área de recursos humanos de su empresa la notificación de su EPS del trámite de determinación del origen de la enfermedad, solicitando la documentación requerida. A partir de la notificación, recursos humanos tiene 5 días para recolectar y enviar la información a la EPS del trabajador (Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada, 2018, p.1). Posteriormente, la EPS envía al coordinador de recursos humanos el concepto emitido por medicina laboral donde se puntualiza si la enfermedad es de origen común o laboral. Sí se determina como una enfermedad laboral se debe dar aviso a la ARL por medio del formulario correspondiente de informe.

La ARL y EPS deben realizar un estudio más profundo del caso, y de estar de acuerdo con el dictamen de la enfermedad laboral proceden a realizar recomendaciones al empleador sobre el puesto de trabajo y a brindar las prestaciones correspondientes al trabajador:

- Prestaciones asistenciales: Es un reconocimiento, en servicios de salud, brindado a los trabajadores que sufren una enfermedad o accidente laboral. Las entidades encargadas de prestar estos servicios son las EPS y en casos más específicos las ARL (Ministerio de Salud y Protección Social, s.f.).
- Prestaciones económicas: Son reconocimientos económicos que se le otorgan a los trabajadores que sufran un accidente o enfermedad laboral, estas prestaciones deben ser pagadas por las ARL (Ministerio de Salud y Protección Social, s.f.).

Si se presenta algún desacuerdo durante el proceso de evaluación de enfermedad laboral o con el resultado de ésta, será una junta integrada por representantes de la EPS y ARL la encargada de evaluar nuevamente los aspectos del desacuerdo (Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada, 2018, p.2). De persistir el descontento, es la Junta de Calificación de Invalidez quien estará a cargo del proceso (Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada, 2018, p.2).

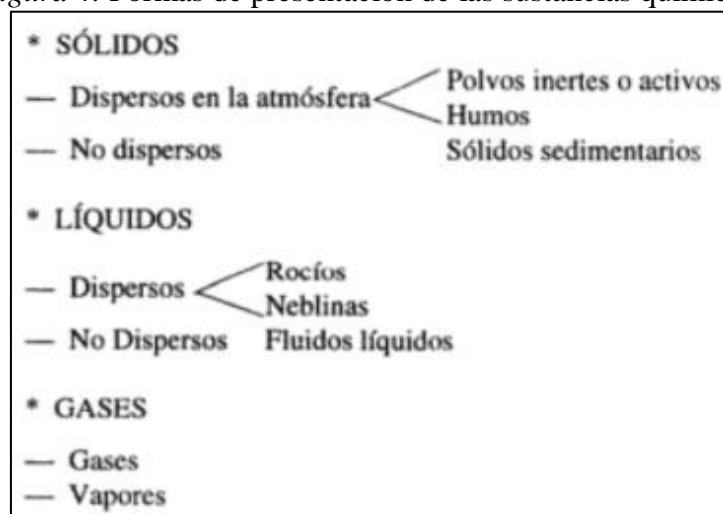
Es necesario que se tomen en cuenta las recomendaciones de la ARL sobre el puesto de trabajo que origino la enfermedad laboral, incluyéndolas en los planes de prevención y el encargado del SG-SST debe monitorearlas y asegurar su cumplimiento y de ser preciso llevarlas ante el COPASST.

### **5.1.3 Agentes químico contaminantes.**

Debido al tema del presente trabajo se va a profundizar en los contaminantes químicos. Las materias primas que actualmente se utilizan en la industria son en su mayoría químicas, las cuales sufren procesos de transformación y mezcla con otras sustancias. Estos procesos llevan a

cambios químicos en las sustancias que pueden provocar que sean perjudiciales para la salud, si no lo eran en su estado inicial. Si estos contaminantes se encuentran en el ambiente de trabajo pueden ser absorbidos por el trabajador por medio del sistema respiratorio, de la dermis, por vía parenteral (heridas, punción) y por el sistema digestivo, este último se presenta en las áreas donde no se prohíbe el consumo de alimentos o bebidas (Fernández, Hernández y Malfavón, 2005, p.74).

Figura 4. Formas de presentación de las sustancias químicas.



Nota. Adaptado de Seguridad e Higiene Industrial, por Fernández et al, 2005, Limusa Noriega Editores

En la figura 4 se muestran las formas en la que se pueden presentar los contaminantes químicos, según como se encuentren en el ambiente de trabajo será la posible forma o formas en el que serán absorbidas por el trabajador. En el caso de los gases (gases y vapores), líquidos dispersos y sólidos dispersos los mecanismos de absorción son: por el sistema respiratorio, las partículas ingresan al cuerpo por medio del aire que se respira, o por la dermis o por vía parenteral, las partículas son encapsuladas por el sudor e ingresan por la piel; pueden también ser absorbidos por el sistema digestivo si los alimentos o bebidas se encuentran expuestos a las partículas del químico (Fernández et al, 2005, p.74). Los sólidos y líquidos no dispersos pueden

ingresar al organismo por medio de la dermis y de la vía parenteral al entrar en contacto directo con la sustancia peligrosa, o por digestión por algún motivo de ingerir el químico.

Para impedir o disminuir estos contactos de los contaminantes químicos con el trabajador se implementa el uso de **Elementos de Protección Personal (EPP)**, que es “todo equipo, aparato o dispositivo especialmente proyectado y fabricado para preservar el cuerpo humano, en todo o en parte, de riesgos específicos de accidentes del trabajo o enfermedades profesionales” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017, p.1). Para los riesgos de agentes químicos los EPP básicos son: respirador con filtros adecuados para material particulado y gases de sustancias químicas, guantes del material resistente ante la sustancia química y en caso de entrar en contacto deben ser reemplazados, protectores de pantalla que eviten el contacto de las sustancias con los ojos, capas con tela de poliéster resistente a las salpicaduras (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017, p.6-32).

#### **5.1.4 El mercurio en la minería**

El mercurio (Hg) es el único metal que a temperatura ambiente se encuentra en fase líquida, esto hace de este metal uno de los más atractivos desde hace siglos. Su uso se ha implementado a través de la historia en campos como la medicina, en la producción de pilas y bombillas, en los procesos de producción de cloro-soda, entre otros (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y PNUMA, 2012, p.21).

Uno de sus mayores atractivos es la formación de amalgamas (mezcla de mercurio con otros metales) con el oro, por lo que es ampliamente usado en la minería artesanal o de pequeña escala. Existen dos métodos que son ampliamente usados en la minería, el primero es la amalgamación de todo el metal donde en cada etapa de la extracción del oro (trituration, molienda y lavado) es agregada una gran cantidad de mercurio; y el segundo método es por



gravimetría o cribado, en el cual el mercurio es adicionado solo a las rocas más pesadas que son las que contienen oro (PNUMA, s.f., p.4-5).

Según el método utilizado, se vierte un exceso de mercurio para separar el metal precioso de manera rápida de las rocas o arena donde se encuentra (PNUMA, s.f., p.4), dado que no todo el mercurio forma amalgamas, el sobrante se pierde y no siempre es recuperado por lo que se libera en el ambiente, casi siempre en las fuentes hídricas. Una vez obtenida la amalgama, es sometida a un proceso de separación por medio de calor, debido a que la temperatura de ebullición (temperatura en la que se evapora un elemento) del mercurio es mucho menor a la del oro se logra obtener únicamente el metal precioso. Este proceso hace que el mercurio de la amalgama se disperse en el ambiente en forma de vapores.

### **5.3 Marco legal**

- Ley 9 de 1979: Esta ley dicta medidas sanitarias, entre las cuales establece las condiciones de higiene y seguridad en los puestos de trabajo.
- Resolución 2400 de 1979: Por medio de esta resolución se dictan las primeras medidas de vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.
- Resolución 2013 de 1986: Establece la creación y el funcionamiento de los comités de medicina, higiene y seguridad en las empresas.
- Resolución 1016 de 1989: A partir de esta resolución se crean los programas de salud ocupacional en el trabajo.
- Ley 55 de 1993: Con esta ley se establecen disposiciones para el uso de compuestos químicos en las actividades laborales.
- Decreto 2222 de 1993: Este decreto expide el reglamento de Higiene y Seguridad en las actividades mineras a cielo abierto.

- Ley 1295 de 1994: Establece que todo trabajador debe estar afiliado al sistema de seguridad y salud en el trabajo, lo que implica afiliación al sistema de salud y pensiones.
- Ley 962 de 2005: Por medio de esta ley anti tramites en el art. 55 se elimina la revisión y aprobación del reglamento de higiene y seguridad por el Ministerio de la Protección Social.
- Resolución 2346 de 2007: Gracias a esta resolución se instauran las revisiones médicas laborales (revisión de ingreso, revisión periódica, revisión de egreso, revisión pos-incapacidad o reintegro).
- Ley 1658 de 2013: Esta ley establece algunos mandatos sobre la comercialización y el uso de mercurio en ciertas actividades laborales en Colombia, igualmente se establecen requisitos e incentivos para reducir o eliminar su uso.
- Decreto 1477 de 2014: El decreto establece las enfermedades consideradas como laborales en el país.
- Ley 1892 de 2018: Por medio de esta ley se aprueba el *Convenio de Minamata* sobre el mercurio, hecho en Japón el 10 de octubre de 2013.

## 6. MARCO METODOLÓGICO

- Paradigma de investigación: Debido a que esta investigación es de carácter mixto se aplicó el paradigma de investigación de La Teoría Crítica o Crítico-Social, debido a que este paradigma se enfoca en tres pasos principales de investigación observar, pensar y actuar (Ramos, 2015, p.13). Aplicado a esta investigación se entiende que observar es el saber que existe una problemática en la población minera, el pensar es la búsqueda de conocimiento en este caso la investigación teórica que se realiza para profundizar en el impacto del mercurio en la salud de los mineros, finalmente el actuar en este contexto es entender las medidas que las autoridades competentes han tomado, analizar cuáles son las falencias aún se presentan y plantear posibles soluciones a la problemática que promuevan un cambio en esta industria.

- Tipo y diseño de investigación: Se lleva a cabo una investigación mixta pues los datos obtenidos a partir de la investigación requieren de un mayor análisis para determinar de manera adecuada la problemática. Por esto el método de investigación que se utiliza es explicativo profundizando en la causa del problema (Baptista, Fernández y Sampieri, 2014, p.95-96), pues no solo se va a analizar las enfermedades causadas por la exposición al mercurio en los mineros, sino por qué se sigue trabajando con este metal.

- Población: Se considera como población de estudio todo documento que exponga las afectaciones provocadas en la salud por la exposición a mercurio, así como estudios que relacionen esta problemática con los factores sociales en la población minera.

- Muestra e Instrumento de recolección de información: En cuanto a la muestra e instrumento de recolección de información, se especifican solo documentos que abarquen la exposición al mercurio en la población minera y sus efectos en la salud, que se encuentren en un periodo de publicación entre los años 2012 a 2020, que estén escritos en inglés o español, y que

la procedencia del documento sea confiable como son las bases de datos de universidades, revistas científicas, ScienceDirect, EBSCOhost, SciELO, Scopus, Springer Link, Emerald Insight.

- Técnica de análisis de datos: Para obtener los documentos que se van a estudiar se utiliza el protocolo PRISMA, como una técnica de análisis que permite planificar y preparar las revisiones bibliográficas que cumplan con los criterios para el trabajo de investigación que se realiza.

Para lograr los objetivos planteados este proyecto consta de tres fases:

**Fase 1:** Se realiza una investigación por medio de la búsqueda de fuentes de información sobre las enfermedades de los mineros que han estado expuestos al mercurio y se aplican los filtros mencionados anteriormente que son los instrumentos que garantizan la validez de la investigación. Se examinan los documentos obtenidos y se resaltan las partes de interés por medio de la aplicación del protocolo PRISMA para estructurar el posterior análisis de la información. Asimismo, se investiga sobre las políticas adoptadas por el gobierno para eliminar la exposición al mercurio en los mineros. Basados en esta se realiza el estado de arte del documento y la siguiente fase.

**Fase 2:** Una vez se obtenida la información se procede a su análisis y a la identificación de las enfermedades presentadas en los mineros por la exposición al mercurio, se realizan comparaciones de estudios y se analizan las causas por las que los mineros siguen estando expuestos al metal pesado. Igualmente, se consideran estudios donde se tienen datos de la afiliación de los mineros a las EPS y ARL, pues estos factores inciden en el adecuado tratamiento de sus enfermedades.

**Fase 3:** Se discuten la magnitud de las medidas tomadas por los gobiernos para este tipo de exposición en la minería y por qué no han logrado ser suficientes ante el problema, igualmente se plantean soluciones que pueden ser aplicadas por los mineros en su ambiente laboral y posibles acciones con las que el gobierno puede disminuir esta problemática.

En el cronograma se logran ver más a detalle las actividades de cada fase y los tiempos establecidos para el desarrollo del análisis de las enfermedades laborales producidas por la exposición a mercurio.

*Figura 5. Cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto.*

Actividades	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		
	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30
Definición del tema															
Planteamiento del problema															
Establecimiento de objetivos															
Justificación y delimitaciones															
<b>FASE 1</b>															
Protocolo PRISMA															
Recolección de información															
Lectura de documentos															
Redacción del estado del arte															
<b>FASE 2</b>															
Identificación y análisis de las enfermedades															
Comparación de estudios															
Análisis de causas de exposición															
<b>FASE 3</b>															
Discusión de medidas gubernamentales															
Planteamiento de soluciones															
Conclusiones															
Recomendaciones															
Aplicar correcciones y recomendaciones finales															

*Nota.* Propia del autor.

Al considerar todos los factores y actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto se resalta la necesidad de realizar un presupuesto.

*Figura 6. Presupuesto del proyecto.*

Actividad	Descripción de la actividad	Unidad de medida	cantidad	valor unitario	valor total
Servicio de electricidad	Uso de corriente para computador y uso de luz artificial	kWh	30	\$ 536,14	\$ 16.084
Servicio de internet	Busqueda de información	Horas	60	\$ 130	\$ 7.800
Equipo de computo	Valor del uso de computación y sus programas	Horas	162	500	\$ 81.000
Horas profesional	Recolección y lectura de la información	Horas	72	\$ 20.000	\$ 1.440.000
	Protocolo Prisma		24	\$ 20.000	\$ 480.000
	Identificación y análisis de las enfermedades		10	\$ 20.000	\$ 200.000
	Comparación de estudios		16	\$ 20.000	\$ 320.000
	Análisis de causas de exposición		7	\$ 20.000	\$ 140.000
	Discusión de medidas gubernamentales		13	\$ 20.000	\$ 260.000
	Planteamiento de soluciones		20	\$ 20.000	\$ 400.000
<b>Total</b>					<b>\$ 3.344.884</b>

*Nota.* Propia del autor.

## 7. RESULTADOS

Una vez definidos los parámetros de búsqueda, finalmente se seleccionaron 16 estudios que cumplían con las condiciones de esta revisión bibliográfica. En la figura 7, se evidencian la aplicación del protocolo PRISMA a los estudios seleccionados.

*Figura 7. Protocolo PRISMA.*

AUTOR Y AÑO	DISEÑO	INTERVENCIÓN	PARTICIPANTES	RESULTADOS
Molina, C. y Quiroz, C. (2016)	Experimental, estudio de corte transversal y muestra escogida de manera aleatoria	Se realizan encuestas a los trabajadores y exámenes de orina. Análisis de datos por prueba t y modelo de regresión lineal múltiple	308 Trabajadores de entables y compras de oro de siete municipios de Antioquia	Demuestra las condiciones sociales y laborales de los trabajadores encuestados y las relacionan con los niveles de mercurio en orina.
Olivero, J., Young, F. y Caballero, K. (2014)	Cuasi experimental, mediciones en áreas y tiempos específicos	Mediciones de mercurio en el aire <i>in situ</i> , con representación por quintuplicado	8 Zonas mineras de los municipios de San Martín de Loba y Barranco de Loba-Mina Santa Cruz)	Se evidencian altos niveles de mercurio en el aire de los municipios tanto cerca de las minas, como en lugares de procesamiento y venta de oro.
Acevedo, P., Arroyave, C., Castaño, P., y Vásquez, G. (2014)	Experimental, estudio de corte transversal y muestra escogida bajo criterios de inclusión y exclusión	Análisis de orina y prueba cometa, distribución de frecuencias absolutas y relativas	64 Historias clínicas, 32 control y 32 expuestos al mercurio.	Las personas expuestas al mercurio presentan mayores concentraciones de malondialdehído y mayores daños en su ADN
Olivero, J. (2012)	Mixto, revisión bibliográfica	Busqueda en base de datos PubMed y Scopus por medio de palabras clave	No especificada	Recopila información de interés sobre problemas de salud provocados por la exposición al mercurio y realiza una comparación de esta problemática en Colombia con relación a otros países
Calao, C. y Marrugo, J. (2015)	Experimental, estudio de tipo descriptivo y de corte transversal	Análisis de sangre (presencia de mercurio, cadmio y plomo) y prueba cometa, tratamiento de datos por análisis estadístico.	61 Individuos expuestos al mercurio de cuatro municipios de la región La Mojana y 51 individuos control del municipio de Montería	Se encuentra una relación entre el daño presentado en el ADN de la personas expuestas y la concentración de metales en la sangre
Ghader, G., Hosseini, S., Rastgoo, S. y Yazdanián, M. (2020)	Experimental, con criterios de inclusión y de ocupaciones en el área específicas	Análisis de muestras de orina y sangre. No se relacionan datos demográficos por dificultades en el estudio.	Trabajadores del cuidado dental, 30 trabajadores expuestos al mercurio y el grupo control de 27 trabajadores no expuestos	Se obtuvieron niveles de mercurio en sangre y orina significativamente mayores en el personal expuesto que en los del grupo control
Hernández, J., Mesquidaz, E., y Negrete, J. (2013)	Experimental, muestra escogida de manera aleatoria	Encuesta para determinar fuentes de exposición y sintomatología. Análisis de orina	31 Trabajadores adultos del municipio Puerto Libertador	Los mineros presentan mayores niveles de mercurio en la orina que el grupo control y un porcentaje de estos supera lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud

*Nota. Propia del autor.*

Figura 7. Protocolo PRISMA (Continuación).

Díaz, S., Muñoz, M., Palma, R., Medina, F., Rodríguez, M., Pedroza, C., ...Restrepo, I. (2016)	Experimental, estudio de prevalencia con fase descriptiva	Análisis de cabello, sangre y orina. Encuestas socio-demográficas	596 Individuos en zonas mineras, de los cuales 321 personas están expuestas al mercurio de forma ocupacional y 271 de manera ambiental	Concluye que los municipios analizados del departamento del Chocó presentan una exposición ocupacional al mercurio, pero en dos de ellos dicha exposición ha llevado más tiempo.
Casas, I., Girón, S., Gómez, E., Mateus, J., y Rodríguez, L. (2015)	Mixto, revisión bibliográfica	Metodología Cochrane y participación en foros con expertos nacionales e internacionales	No especificada	Brinda un panorama de la legislación colombiana ante la problemática de la exposición al mercurio, así como sus efectos en la salud y plantea el diseño de un plan de intervención.
Cuesta, J., López, C. y Uribe, J. (2019)	Experimental, estudio cuantitativo y descriptivo	Encuesta semiestructurada. Análisis de sangre	28 Mineros activos expuestos a cianuro y mercurio del municipio de Quinchía	Se presentan niveles elevados de mercurio en la sangre del 33% de los mineros sujetos de estudio, los que refieren afectaciones a sus sistema nervioso y digestivo.
Asmat, MP., De La Torre, JM. y Valdés, J. (2017)	Descriptivo	Exposición de un caso clínico de exposición ocupacional	Varon de 30 años exposición ocupacional al mercurio	Analiza el caso clínico de un trabajador expuesto al mercurio durante su labor, profundiza en las afectaciones a la salud que esto le trae
Jaimés, D., Manquían-Tejos, A., Rodríguez-Villamizar, L., y Sánchez, L. (2015)	Experimental, estudio analítico de corte transversal	Encuesta cuya reproducibilidad fue evaluada. Implementación de modelo binomial	72 Mujeres expuestas a mercurio y 121 mujeres no expuestas	El estudio revela una relación entre la exposición ocupacional al mercurio y las irregularidades menstruales
García-Ardila, L., Muñoz-Vallejo, L., y Rodríguez-Gázquez, M. (2012)	Mixto, estudio descriptivo con corte transversal	Cuestionario socio-demográfico, de percepción de daños a la salud y de medidas de protección ante la exposición	56 Personas expuestas ocupacionalmente al mercurio en el municipio de Segovia	Expone el poco conocimiento de los mineros ante las medidas de protección personal a pesar que la gran mayoría considera el mercurio como perjudicial para su salud
Ministerio de Salud y Protección Social. (2018)	Cualitativo, revisión bibliográfica	Planteamiento de programa de intervención a nivel nacional sobre el mercurio	No especificada	A partir de un análisis a la normatividad nacional e intencional, plantean un plan de acción para la reducción o eliminación del uso de mercurio a nivel nacional
Díaz, S., Muñoz, M. y Palma, R. (2016)	Experimental, estudio descriptivo transversal	Análisis de cabello, sangre y orina. Encuestas socio-demográficas	1226 personas de los departamentos de Antioquia, Bolívar, Sucre y Córdoba, 491 ocupacionalmente expuestas y 735 ambientalmente expuestas	Reporta que los principales síntomas de afectación del mercurio se presentan en el sistema nervioso, igualmente expone que los niveles de las muestras son superiores a los permisibles
Díaz, A., García, R., Pradilla, G. y Silva, F. (2012)	Descriptivo	Exposición de un caso clínico de exposición ocupacional	Individuo de 50 años auxiliar de un laboratorio metalúrgico durante 30 años	Reportan el caso de un hombre con un dolor de cabeza diario asociado a pérdida de visión, el cual se asocia a la exposición a mercurio pues sus niveles en la sangre eran superiores a los recomendados

Nota. Propia del autor.

La muestra de 16 artículos abarca un total de 2552 personas y 8 zonas mineras, además de las revisiones bibliográficas en las que no se especifica la cantidad de documentos evaluados. El 56,12% de la muestra desempeña actividades relacionadas a la minería del oro. De las

intervenciones realizadas en los estudios, el 37,5% se basan en análisis de orina y 31,25% en análisis de sangre, lo que demuestra que estos métodos son los más usados para determinar la cantidad de mercurio absorbida por las personas.

En cuanto a los requisitos de los artículos, en la figura 8 se puede ver que los estudios seleccionados se encuentran dentro del periodo establecido para la presente revisión bibliográfica.

*Figura 8. Artículos por año de publicación.*

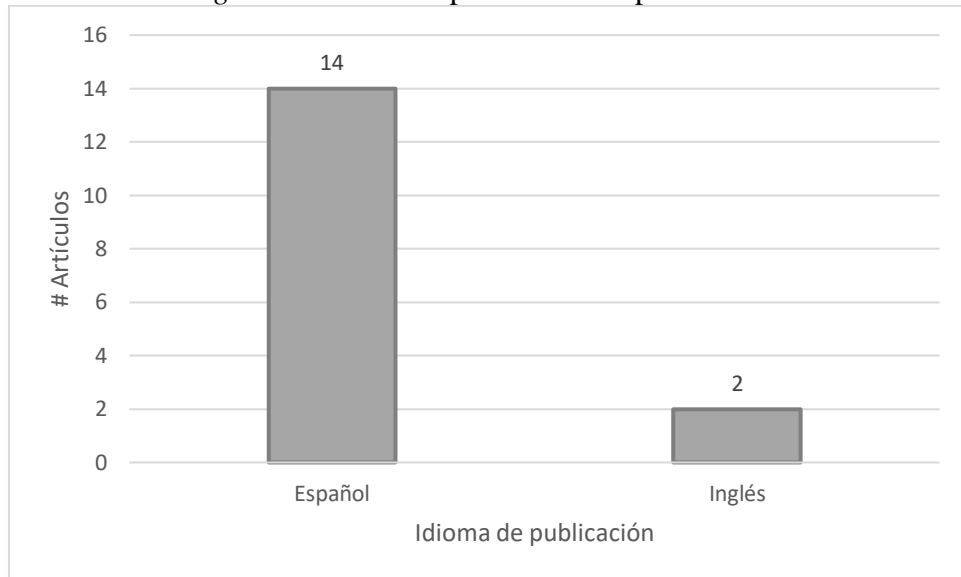


*Nota. Propia del autor.*

Se puede observar, en la figura 9, que la mayoría de los artículos se encuentran en español, y solo dos se encuentran en inglés, pues fueron pocos los estudios en este idioma que se ajustaban a los criterios del presente estudio.



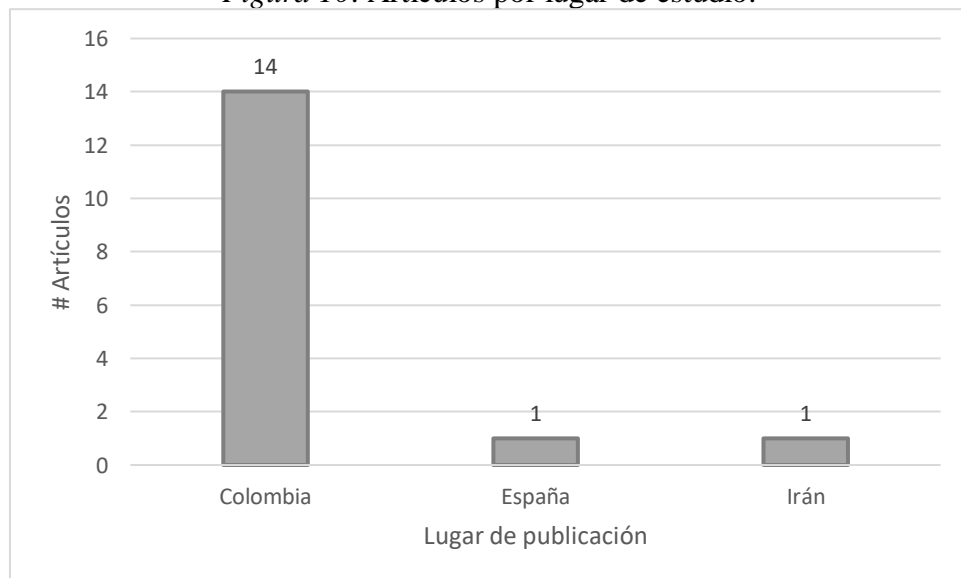
*Figura 9. Artículos por idioma de publicación.*



*Nota. Propia del autor.*

Gran parte de los artículos se han llevado a cabo en Colombia, como lo muestra la figura 10, esto demuestra que en el país la minería y el problema de la exposición al oro sigue siendo una problemática que debe ser estudiada y tratada.

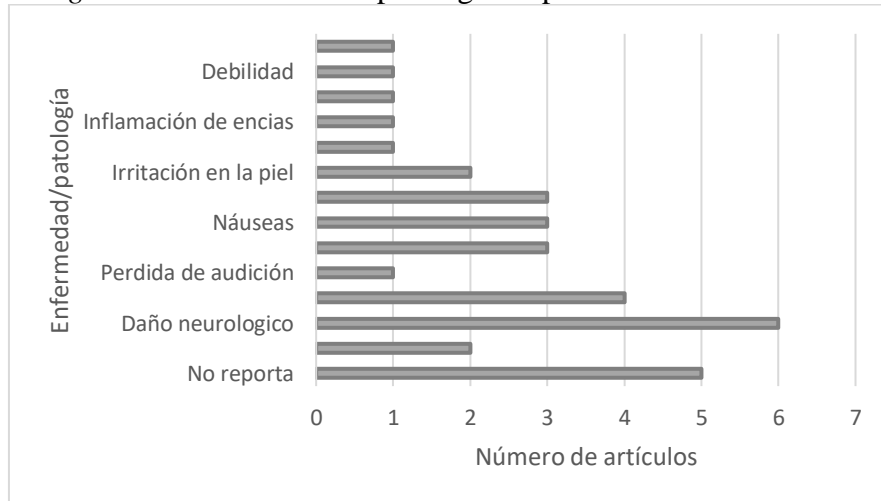
*Figura 10. Artículos por lugar de estudio.*



*Nota. Propia del autor.*

Finalmente, se analiza la información reportada en los estudios, la gráfica 11 expone las enfermedades reportadas. Varios de los artículos reportan más de una enfermedad y diferente sintomatología, algunos de los síntomas se agruparon para practicidad de la recolección de información.

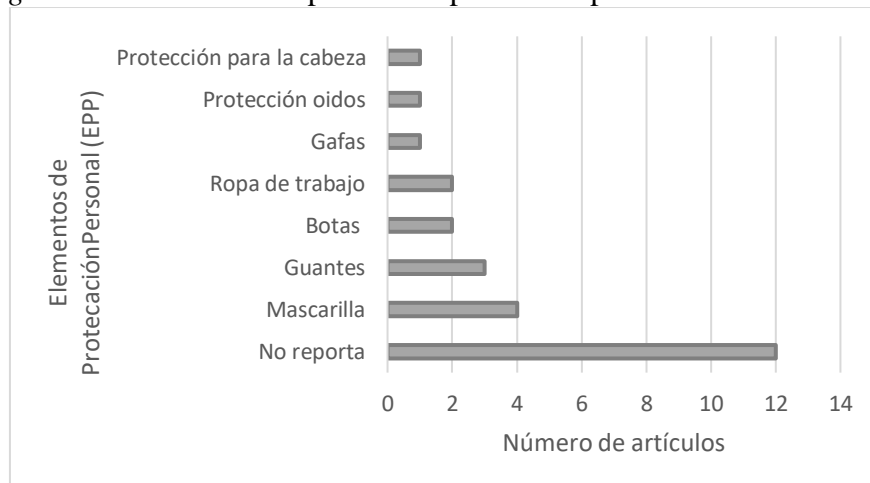
*Figura 11.* Enfermedades/patologías reportadas en los artículos.



*Nota.* Propia del autor.

Los artículos que reportan el uso de elementos de protección personal son pocos, sin embargo, es importante resaltar, cuales son los EPP más usados por los mineros en el país, como lo expone la figura 12.

*Figura 12.* Elementos de protección personal reportados en los artículos.



*Nota.* Propia del autor.

## 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los artículos que fueron tomados para el desarrollo de esta revisión cumplieron con los criterios de búsqueda establecidos, y al organizar la información en la figura 8, figura 9 y figura 10 se puede ver la distribución de los mismo, así como determinar que fueron pocos los estudios que se han realizado y publicado en los últimos años cuya información fuese de interés para el presente trabajo.

A partir de la revisión bibliográfica realizada se puede ver que, aunque el sector minero es uno de los más afectados por la exposición ocupacional al mercurio, aún hay otras actividades que generan riesgo a la salud de los trabajadores. Sin embargo, el fin último de esta revisión es analizar las consecuencias en la salud de los mineros.

La minería de oro en Colombia se realiza en su mayoría de manera artesanal o a pequeña escala, esto provoca una falta de control por parte del gobierno a esta actividad; lo que conlleva a una falta de vigilancia en las medidas de Seguridad y Salud de los trabajadores, como los equipos de protección personal, las afiliaciones a EPS, ARL y al sistema de pensión, y jornadas laborales óptimas. Esto también se puede ver en la figura 10, donde se percibe que la mayoría de los estudios realizados se llevan a cabo en Colombia, lo que demuestra que en esta problemática de la actividad minera sigue vigente en el país en los últimos años.

Se pudo observar en los estudios, que de los mineros que realizaron encuestas socio-demográficas, cerca del 62,5% pertenecen al régimen de salud subsidiado, el 30,9% al régimen de salud contributivo y aproximadamente el 6,6% no está afiliado o no sabe si lo está (Molina y Quiroz, 2016; Díaz, Muñoz y Palma, 2016; Díaz *et al* 2016; Cuesta, López, y Uribe, 2019; Jaimes, Manquián-Tejos, Rodríguez-Villamizar y Sánchez, 2015); aunque esto muestra un panorama alentador pues la mayoría de mineros cuenta con sistema de salud al cual remitirse en

cualquier eventualidad, al sondear la afiliación al sistema de riesgos, o ARLs, el cuadro cambia, pues cerca del 85% de los mineros no se encuentra afiliado (Molina y Quiroz, 2016), esto implica que en caso de una enfermedad laboral no contarán con el respaldo en atención médica, rehabilitación y apoyo financiero que brindan estas entidades.

En cuanto a los elementos de protección personal la cantidad de mineros que no los usan varían para cada estudio y región, sin embargo, se logra ver que, aunque los mineros consideran que estos elementos si les brinda una protección, muchos de ellos no los utilizan todos, guantes, mascarilla, traje, casco y botas (Molina y Quiroz, 2016; Díaz, Muñoz y Palma, 2016; Díaz *et al* 2016; Cuesta, López, y Uribe, 2019; Jaimes, Manquián-Tejos, Rodríguez-Villamizar y Sánchez, 2015). Se conoce que, en la actividad minera, y sobre todo en la de oro que utiliza mercurio, uno de los elementos de protección personal más necesario es la mascarilla, pues protege que los gases tóxicos del metal ingresen al cuerpo y generen afectaciones, a pesar de ello, es el elemento de protección menos usado por los mineros. Esto contrasta con la figura 12, pues son cuatro los artículos que lo mencionan como EPP para la población minera, pero al analizar la cifra de los trabajadores que usa la mascarilla esta es menor a la de otro de los EPP en cada uno de los artículos.

Son muchos los efectos adversos a la salud los que se le atribuyen al mercurio, pues en la tabla de enfermedades laborales del Decreto 1477 de 2014 (Ministerio del Trabajo, 2014) son cerca de 29 las enfermedades relacionadas a la exposición al mercurio o uno de sus compuestos. En los estudios analizados, se determina que, para la población femenina dedicada a la minería, la exposición al mercurio genera un desorden en el ciclo menstrual ya que aproximadamente 28,17% del grupo de mujeres expuestas presentaron irregularidades mientras que del grupo control fueron el 16,95%, igualmente se puede atribuir la presencia de malformaciones en los

hijos a la exposición de las madres al mercurio pues casi 3,54% mayor en el grupo de mujeres expuestas (Jaimes, Manquían-Tejos, Rodríguez-Villamizar y Sánchez, 2015).

Otra de las afectaciones que se le acreditan al mercurio es el daño genético, pues en el estudio “Correlación entre la concentración urinaria de malondialdehído y daño en el ADN de personas expuestas a mercurio” (Acevedo, Arroyave, Castaño y Vásquez, 2014) se demuestra que en los mineros el promedio de ADN en la cola del cometa es casi 89 veces mayor que en el del grupo control, esto se traduce en un mayor daño genético. Calao y Marrugo soportan estos hallazgos en “Efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana, Colombia, 2013”, donde encontraron también diferencias significativas en el daño en el ADN entre los expuestos al mercurio y los que no.

Cuesta, López y Uribe son más generales ante el tema y presentan una lista de síntomas que han sufrido los mineros, entre estos se encuentran lesiones en la piel, temblores, pérdida de memoria, cefalea, insomnio, inflamación nasal, cambios de comportamiento, pérdida de visión, confusión, entre otros (Cuesta, López y Uribe, 2019). Varios de los estudios revisados muestran que la mayoría de síntomas presentados se relacionan con el sistema nervioso (cefalea, temblores, cambios de comportamiento, depresión, entre otros), como se puede observar en la figura 11, por lo que se logra ver el daño que el mercurio puede causar a los trabajadores (Olivero, 2012; Asmat, De La Torre y Valdés, 2017; Díaz, Muñoz y Palma, 2016). Se puede ver que estos síntomas no son exclusivos de los mineros pues en dos revisiones a casos clínicos, de personas cuyo trabajo estaba relacionado con el mercurio, pero no pertenecen a la rama de la minería, se presentan también síntomas como pérdida de sueño, cefaleas frecuentes y cambios de comportamiento (Asmat, De La Torre y Valdés, 2017; Díaz, García, Pradilla y Silva, 2012).

En todos los estudios realizados, los niveles de mercurio encontrados en los mineros eran superior al del grupo control, y en algunos casos, superior a lo recomendado por la OMS, tras esto se esconde también un problema ambiental, pues en las zonas mineras las fuentes hídricas y el aire contiene también niveles elevados de este metal. En el municipio de San Martín de Loba, por ejemplo, los niveles de contaminación en el aire son tan amplios que en zonas no mineras como en la escuela e iglesia las concentraciones de mercurio son superiores a las permitidas (Caballero-Gallardo, Olivero-Verbel y Young-Castro, 2014).

Las medidas adoptadas por los gobiernos no han logrado frenar la ilegalidad e irregularidades de esta profesión por lo que se sigue presentando una exposición frecuente y prolongada, muchos llevan más de 20 años dedicados a esta labor, de los mineros de oro en Colombia junto con la falta de supervisión por el cumplimiento del Sistema de Seguridad y Salud en el trabajo, puesto que no hay organizaciones formales establecidas a las que se les puedan reclamar por los derechos de sus trabajadores. A pesar que muchos mineros se encuentran en el sistema de salud, no cuentan con un sistema de riesgos, que les brinde orientación ante los peligros de su trabajo y una protección, que ya muchos necesitan, ante una enfermedad laboral producida por la exposición al mercurio.

## 9. CONCLUSIONES

En los estudios realizados se demostró que las concentraciones de mercurio en los mineros es casi el doble que el de una persona no expuesta y en algunos casos puede ser mayor que las concentraciones recomendadas por la OMS. Esto ha provocado en parte de la población afectaciones a la salud, siendo el sistema nervioso el más frecuente según varios estudios que lo toman como centro de su investigación.

Sin embargo, las afectaciones van más allá y pueden llegar a afectar el ciclo menstrual de las mujeres y su proceso de gestación, puede causar daños al ADN, afectar al sistema digestivo entre otros. En Colombia, son pocos los estudios realizados para hallar otras enfermedades en esta profesión relacionadas a la exposición de mercurio.

La normatividad actual en el país busca acabar con el problema poniendo trabas a la importación y movilización del mercurio dentro de Colombia, a pesar de esto, las personas detrás de la minería artesanal buscan la forma de obtenerlo pues es el método más rápido para conseguir el oro. Esto junto con la falta de control de las autoridades en las zonas apartadas del país hacen que las normas establecidas no sirvan como protección para el minero y permiten que el problema continúe causando afectaciones, ya no solo a la población minera, sino a la población aledaña y al medio ambiente.

Es evidente la acción perjudicial que tiene el mercurio sobre la salud humana, sobre todo a los niveles de exposición y a las condiciones a las que se someten los mineros del oro, ya que muchos llevan en la profesión cerca de 20 años y bajo condiciones de seguridad y salud en el trabajo precarias pues es una actividad ilegal y con poco control de las autoridades.

## **10. RECOMENDACIONES**

Para conocer la magnitud del problema de salud ocupacional que está causando la exposición de mercurio a la población minera de país, es recomendable realizar más estudios donde, no solo se evalúen las concentraciones de mercurio que tienen los mineros, sino que se conduzcan estudios clínicos profundos que revelen las verdaderas afectaciones a la salud que sufre esta profesión.

El papel de las autoridades es clave en la solución de este problema, pues a pesar de ser una actividad artesanal o ilegal, deben realizar controles permanentes donde se verifiquen las condiciones de trabajo y se regule el uso de elementos de protección personal. Se recomienda realizar campañas de sensibilización del daño ambiental y a la salud que puede causar el mercurio, brindar asesoría sobre su adecuado manejo y realizar campañas medicas frecuentes para monitorear cualquier afectación a la salud de manera oportuna para su tratamiento.

Por último, se recomienda la búsqueda de métodos menos dañinos, tanto ambientalmente como para la salud humana, de extracción del oro y que sean de fácil acceso para la minería artesanal y de pequeña escala.



## REFERENCIAS

- Acevedo, P., Arroyave, C., Castaño, P., y Vásquez, G. (2014). Correlación entre la concentración urinaria de malondialdehído y daño en el ADN de personas expuestas a mercurio. *Latreia*, 27(2), 155-164.
- Asmat, MP., De La Torre, JM. y Valdés, J. (2017). Intoxicación ocupacional por mercurio y la neurotoxicidad. *Rev Asoc Esp Espec Med Trab*, 26(3), 206-211.
- Baptista, P., Fernández, C. y Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F., México: Mc Graw Hill.
- Baraza, X., Castejón, E. y Guardino, X. (2015). *Higiene Industrial* [Figura]. Barcelona, España: Editorial UOC. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=XliiDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=higiene+industrial&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiHyP6wo6XrAhUsxVkJKHfH-A30Q6AEwBnoECAgQAg#v=onepage&q&f=false>
- Calao, C. y Marrugo, J. (2015). Efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana, Colombia, 2013. *Biomédica*, 35(2), 139-151.
- Caballero-Gallardo, K., Olivero-Verbel, J., y Young-Castro, F. (2014). Contaminación por mercurio en aire del distrito minero de San Martín de Loba en el departamento de Bolívar, Colombia. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, 30(1), 7-13.
- Casas, I., Girón, S., Gómez, E., Mateus, J., y Rodríguez, L. (2015). Hacia un plan nacional para el control de los efectos del mercurio en la salud en Colombia. *Biomédica*, 35(2), 30-37.

- Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 100 del 23 de diciembre de 1993 por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (2002). *Ley 776 del 17 de diciembre de 2002 por la cual se dictan las normas sobre la organización, administración y prestaciones del Sistema General de riesgos Profesionales*. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley 1562 del 11 de julio de 2012 por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional*. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia.
- Cortés, H. (2014). Seguridad Industrial y disciplinas involucradas. En O. Aldana (Comp.), *2061IB (5078): Programa en Seguridad y Salud en el trabajo* (pp. 9-10). Universidad ECCI.
- Cuesta, J., López, C. y Uribe, J. (2019). 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 amalgamamiento de oro. *Revista Salud Pública*, 21(3), 1-8.
- Díaz, G., García, R., Pradilla, G. y Silva, F. (2012). Mercury chronic toxicity might be associated to some cases of hydrocephalus in adult humans? *Medical Hypotheses*, 79, 13-16.
- Díaz, S., Muñoz, M. y Palma, R. (2016). Vigilancia epidemiológica y evaluación del impacto en salud por exposición ocupacional y ambiental a mercurio en los departamentos de la zona de la Mojana, Colombia, 2014 - 2015. *IQEN, Informe quincenal epidemiológico Nacional*, 21(19), 428-443.
- Díaz, S., Muñoz, M., Palma, R., Medina, F., Rodríguez, M., Pedroza, C., ...Restrepo, I. (2016). Exposición ocupacional y ambiental a mercurio en el departamento de Chocó, Colombia,

2015-2016: informe preliminar. *IQEN, Informe quincenal epidemiológico Nacional*, 21(11), 295-307.

Fernández, G., Hernández, A. y Malfavón, N. (2005). *Seguridad e Higiene Industrial* [Figura].

Zúñiga, México: Limusa, Noriega Editores. Recuperado de

[https://books.google.com.co/books?id=Eo\\_kObpifcMC&pg=PA3&dq=higiene+industrial+en+colombia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjz5JiG9aXrAhXstlkKHeEkBr4Q6AEwAHoECAQQA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=Eo_kObpifcMC&pg=PA3&dq=higiene+industrial+en+colombia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjz5JiG9aXrAhXstlkKHeEkBr4Q6AEwAHoECAQQA#v=onepage&q&f=false)

Garavito, C. y Guevara, P. (2017). Psicología laboral: una aproximación desde la seguridad del trabajador. *Revista Evaluación e Intervención psicológica*, 2(1), 67-72.

García, M., Boffetta, P., Caballero, J., Español, D., Gomez, J., Colin, D. (2007). Mortalidad por cáncer en los mineros del mercurio. *Gaceta Sanitaria*, 21(3), 210-217.

García-Ardila, L., Muñoz-Vallejo, L., y Rodríguez-Gázquez, M. (2012). Percepción sobre daños a la salud y utilidad de medidas de protección de personas expuestas ocupacionalmente al mercurio en la minería del oro. *Revista Lasallista de investigación*, 9(1), 53-61.

Ghader, G., Hosseini, S., Rastgoo, S. y Yazdanian, M. (2020). Evaluation of kidney function and oxidative stress biomarkers in prolonged occupational exposure with mercury in dentists. *Gene Reports*, 19, 1-4.

Hernández, J., Mesquidaz, E., y Negrete, J. (2013). Exposición a mercurio en trabajadores de una mina de oro en el norte de Colombia. *Salud Uninorte*, 29(3), 534-541.

Jaimés, D., Manquián-Tejos, A., Rodríguez-Villamizar, L., y Sánchez, L. (2015). Irregularidad menstrual y exposición a mercurio en la minería artesanal del oro en Colombia. *Biomédica*, 35(2), 38-45.

Mateo, P. (2007). *Gestión de la higiene industrial en la empresa*. Madrid, España: Editorial Fundación Confemetal. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=dXmm\\_dQ4GdAC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=dXmm_dQ4GdAC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y PNUMA. (2012). *Sinopsis Nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala*. Recuperado de [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis\\_Nacional\\_de\\_la\\_ASGM.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf)

Ministerio de Salud. (2018). *Informe de estudios realizados en relación con la exposición al mercurio*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informe-de-estudios-hg.pdf>

Ministerio de Salud. (2018). *Lineamiento para el uso controlado de la amalgama dental, en los servicios de odontología. Orientaciones en el marco de los compromisos asumidos en el Convenio de Minamata*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/uso-controlado-amalgama.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social, (2017). *Programa de Elementos de Protección Personal, uso y mantenimiento*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GTHS02.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). *Plan de mercurio para el sector salud*. Recuperado de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/plan-mercurio-sactor-salud-b.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (s.f.). *Aseguramiento en riesgos laborales*. Recuperado de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VP/DOA/RL/Aseguramiento%20en%20riesgos%20laborales.pdf>

Ministerio del Trabajo. (s.f.). *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo*.

Recuperado de <https://www.mintrabajo.gov.co/relaciones-laborales/riesgos-laborales/sistema-de-gestion-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo>

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1986). *Resolución número 2013 del 6 de junio de 1986 por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los Comités de Medicina, Higiene Y Seguridad Industrial en los lugares de trabajo*. Bogotá D.C.: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Ministerio del Trabajo. (2014). *Decreto número 1443 del 31 de julio de 2014 por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)*. Bogotá D.C.: Ministerio de Trabajo.

Ministerio del Trabajo. (2014). *Decreto número 1477 del 5 de agosto de 2014 por el cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales*. Bogotá D.C.: Ministerio de Trabajo.

Ministerio del Trabajo. (2016). *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST 2016-2017*. Recuperado de

<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59614744/Programa+Sistema+de+Gestion+de+Seguridad+y+Salud+en+el+Trabajo.pdf/cb0222ac-ca46-d3ad-ab49-0099c0051b39?t=1536357132048&download=true>

- Molina, C. y Quiroz, C. (2016). Condiciones laborales y conocimiento sobre el mercurio en compradores de oro y trabajadores de "entables", Antioquia (2013-2014). *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 54(3), 20-36.
- Normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo. (2018). En P. Romero (Comp.), *Legislación en 2061IB (5074): Seguridad y Salud en el trabajo* (12-16). Universidad ECCI.
- Olivero, J. (2012). Efectos de la minería en Colombia sobre la salud humana. *Ambiente opinión*. Recuperado de <http://concienciaciudadana.org/efectos-de-la-mineria-en-colombia-sobre-la-salud-humana/>
- Organización de Naciones Unidas (ONU). (s.f.). *Convenio de Misamata sobre el mercurio, Texto y anexos*. Recuperado de <http://www.mercuryconvention.org/Convenio/Texto/tabid/5690/language/es-CO/Default.aspx>
- Piñeros, V. (2018). *Unidad 1: Introducción a la higiene y seguridad industrial*. En J. Beltrán (Comp.), 2061IB (5083): Higiene y Seguridad Industrial (8). Universidad ECCI.
- Piñeros, V. (2018). *Unidad 2. Estudios y actuaciones técnicas en higiene industrial*. En J. Beltrán (Comp.), 2061IB (5083): Higiene y Seguridad Industrial (24-26). Universidad ECCI.
- PNUMA. (s.f.). *El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*. Recuperado de [https://ige.org/archivos/IGE/mercurio\\_en\\_la\\_Mineria\\_de\\_Au.pdf](https://ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf)
- Presidencia de la Republica de Colombia. (1984). *Decreto número 614 del 14 de marzo de 1984 por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país*. Bogotá D.C.: Presidencia de la Republica de Colombia.

Ramos, C. (2013). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en Psicología*, 23(1), 9-17. Recuperado de

<http://revistas.unife.edu.pe/index.php/avancesenpsicologia/article/view/167/159>

Rubio, J. (2004). *Métodos de evaluación de riesgos laborales*. Madrid, España: Díaz de Santos.

Recuperado de

<https://books.google.com.co/books?id=RmCXvUEqNh0C&pg=PA197&dq=encuesta+higiencia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiKnaqy7KrrAhWJzlkKHWwtBhUQ6AEwAnoECAYQAg#v=onepage&q&f=false>

Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada. (2018). *Procedimiento Reporte de Enfermedades Laborales*. Recuperado de

[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XQq4eU-](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XQq4eU-LdNAJ:https://www.supervigilancia.gov.co/loader.php%3FIService%3DTools2%26ITipo%3Ddescargas%26IFuncion%3Ddescargar%26idFile%3D7258+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co)

[LdNAJ:https://www.supervigilancia.gov.co/loader.php%3FIService%3DTools2%26ITipo%3Ddescargas%26IFuncion%3Ddescargar%26idFile%3D7258+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co](https://www.supervigilancia.gov.co/loader.php%3FIService%3DTools2%26ITipo%3Ddescargas%26IFuncion%3Ddescargar%26idFile%3D7258+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co)

United Nations Environment Programme. (s.f.). *Chemical and Waste. Global Mercury Partnership*. Recuperado de <https://web.unep.org/globalmercurypartnership/>