

**CONDICIONES DE EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN HABITANTE DE LA CUENCA DEL RÍO ATRATO (MUNICIPIO DE TURBO) Y SU RELACIÓN CON NIVELES DE MERCURIO EN CABELLO PRODUCTO DE LA ACTIVIDAD DE MINERÍA DE ORO.**



**MARÍA CLAUDIA KERGUELÉN SÁNCHEZ.**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA**

**2020**

**CONDICIONES DE EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN HABITANTE DE LA CUENCA DEL RÍO ATRATO (MUNICIPIO DE TURBO) Y SU RELACIÓN CON NIVELES DE MERCURIO EN CABELLO PRODUCTO DE LA ACTIVIDAD DE MINERÍA DE ORO.**

**MARÍA CLAUDIA KERGUELÉN SÁNCHEZ**

**TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO MAGISTER EN SALUD PÚBLICA**

**DIRECTOR:**

**ROBERTH PATERNINA URIBE**

**MSC. INGENIERÍA AMBIENTAL**

**CO-DIRECTOR(A):**

**MARCIA CHAVARRIAGA RIOS**

**MAGISTER EN SALUD PÚBLICA**

**MAGISTER EN EPIDEMIOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA**

**MONTERÍA – CÓRDOBA**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme la vida, ser faro de luz en mi camino y ayudarme en el logro de este sueño.

A mi familia por su amor, apoyo incondicional y motivación para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Córdoba, Alma Máter cordobesa, por haberme ofrecido la oportunidad de iniciar y culminar con éxito mis estudios pos graduales de Maestría.

Al Grupo de Investigación en Aguas, Química Aplicada y Ambiental por brindarme los insumos y recursos necesarios para el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.

A mi Director, MsC. Roberth Paternina Uribe y a mi Co-Directora de tesis MsC. Marcia Chavarriaga Ríos, por guiarme durante todo este proceso, compartir sus conocimientos y experiencia para culminar con éxito la elaboración de este trabajo de investigación.

A mi asesora metodológica y coordinadora de la Maestría en Salud Pública, MsC. Concepción Amador Ahumada por su paciencia, su motivación, tiempo, aportes y cada una de las valiosas orientaciones que fortalecieron cada etapa de esta investigación.

A los docentes y personal del programa de Maestría en Salud Pública de la Universidad de Córdoba, que de una u otra forma me orientaron con sabiduría y profesionalismo en cada etapa de este proyecto. En especial al Ph. D. Álvaro Sánchez Caraballo por sus valiosos aportes teóricos y reflexivos en nuestro papel como salubrista.

A mis amigos y compañeros por los momentos de alegría y por hacer esta experiencia única maravillosa.

**NOTA DE ACEPTACIÓN.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**FIRMA DEL JURADO**

Montería, \_\_\_\_\_ de 2020

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
ABSTRACT .....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1. OBJETIVOS.....	16
1.1 GENERAL.....	16
1.2 ESPECÍFICOS .....	16
2. MARCO REFERENCIAL.....	17
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	17
2.2 MARCO TEÓRICO .....	18
2.2.1 Mercurio .....	18
2.2.2 Contaminación.....	28
2.2.3 Salud Ambiental.....	31
2.3 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	33
2.3.1 Ámbito internacional.....	33
2.3.2 Ámbito nacional.....	36
2.4 MARCO CONCEPTUAL .....	40
2.4.1 Determinantes de la salud .....	40
2.4.2 Condiciones de salud de la población.....	54
2.4.3 Habitantes de la cuenca del Río Atrato.....	42
2.4.4 Contaminantes de minería .....	43
2.4.5 Estado de salud y exposición a contaminantes.....	43
2.4.6 Minería .....	44
2.5 MARCO CONTEXTUAL.....	44
2.6 MARCO NORMATIVO.....	48
3. METODOLOGÍA .....	54
3.1 TIPO DE ESTUDIO.....	57
3.2 ESCENARIO DEL ESTUDIO .....	57
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	57
3.3.1 Población.....	57
3.3.2 Muestra.....	57
3.4 UNIDAD DE ANALISIS.....	58
3.5 RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN.....	58
3.5.1 Métodos de recolección de datos. ....	58

3.5.2	Fuentes de información. Se utilizaron las siguientes fuentes de información: ...	59
3.6	PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN .....	59
3.7	ASPECTOS ETICOS.....	60
4.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	62
4.1	CONDICIONES DEMOGRÁFICAS, AMBIENTALES, SANITARIAS Y SOCIALES EN LOS DIFERENTES GRUPOS POBLACIONALES DE LA CUENCA DEL RÍO ATRATO LOCALIZADAS EN EL MUNICIPIO DE TURBO .....	62
4.1.1	Cuenca del Río Atrato.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1.2	Condiciones demográficas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1.3	Condiciones ambientales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1.4	Condiciones sanitarias.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2	CONDICIONES DE SALUD DE LA POBLACIÓN QUE HABITAN LA CUENCA DEL RÍO ATRATO <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
4.3	EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES AMBIENTALES PRODUCTO DE LA MINERÍA DE ORO EN EL MUNICIPIO DE TURBO DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.....	67
4.4	IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ASOCIADAS A LOS CONTAMINANTES PRIORIZADOS. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
4.5	RELACIÓN ENTRE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y SANITARIAS PRODUCTO DE LA MINERÍA DE ORO Y LOS HALLAZGOS EN SALUD DE LA POBLACIÓN EVALUADA.....	74
5.	DISCUSIÓN.....	80
6.	CONCLUSIONES .....	82
7.	RECOMENDACIONES.....	82
8.	REFERENCIAS.....	84

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Usos del mercurio .....	22
Tabla 2 Toxicocinética y toxicodinámica del mercurio.....	25
Tabla 3 Distribución por grupo de edad en Turbo, 2019.....	62
Tabla 4 Signos y síntomas en menores de 4 años. Turbo, 2019. ....	69
Tabla 5 Signos y síntomas en menores entre 5 y 14 años. Turbo, 2019.....	71
Tabla 6 Signos y síntomas en mayores de 15 años. Turbo, 2019. ....	74
Tabla 7 Resultados de las pruebas de hipótesis y OR: mercurio y algunas características sociodemográficas, ambientales y condiciones de salud. ....	77
Tabla 8 Modelo de regresión para mercurio y algunas variables sociodemográficas, ambientales y de salud. Turbo, 2019.....	79

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Marco de exposición al mercurio .....	23
Figura 2 Morbilidad atendida por sexo. Distrito de Turbo 2009-2019.....	55
Figura 3 Distribución por sexo de las personas estudiadas en Turbo, 2019.....	63
Figura 4 Distribución del modo para la eliminación de las basuras en Turbo, 2019.....	64
Figura 5 Clasificación de los niveles de mercurio en cabello por grupos de edad, Turbo 2019. .	67

## LISTADO DE ESQUEMAS

Esquema 1 Presencia de mercurio en diferentes medios .....	19
Esquema 2 Ciclo global del mercurio.....	20
Esquema 3 Fuentes naturales de mercurio.....	21

## RESUMEN

La investigación buscó analizar las condiciones de exposición y su relación con niveles de mercurio en cabello en la población que habita la cuenca del río Atrato en el municipio de Turbo-Antioquia. Se describieron condiciones socio-demográficas y ambientales en la zona de estudio. Se estimaron titulaciones de mercurio en cabello de la población en riesgo y se determinó la posible relación entre estas y las condiciones socio-demográficas y ambientales en la población. El análisis se efectuó mediante software SPSS vr. 24, Excel 2016, aplicando un modelo de regresión logística múltiple, estimándose el riesgo relativo "odds ratio" (OR) con intervalos de confianza (IC95%) y en el análisis múltiple se tuvieron en cuenta valores de significancia  $p < 0,05$ . De la población estudiada, se obtuvo que el 48,77% son hombres y el 51,23% son mujeres. El 15,9% presentó exposición a mercurio en cabello por encima del límite permisible por la OMS ( $>1\mu\text{g/g}$ ), identificándose mayor proporción de afectación en los hombres (58,8%) y en el grupo de personas económicamente activas (15-44 años; 45,1%). Se hallaron niveles de mercurio por encima del umbral en  $<4$  años (1,8%), 5-14 años (12,2%)  $>15$  años con 20,3%. Los signos y síntomas que se evidenciaron con mayor proporción en  $<4$  años fueron pérdida de peso (10,6%), sudoración y salivación excesiva (14,3%). En el grupo etario de 5-14 años, se encontró que la pérdida de cabello (73,1%), dolor de cabeza (41,8%) y tristeza sin motivo aparente (20,9%). En  $>15$  años se encontraron problemas de piel (91,1%), tristeza sin motivo aparente (36,8%), falta de memoria (29,5%). La investigación se constituye en insumo técnico para formular políticas, planes y programas de salud pública considerando los determinantes sociales en salud. Se da respuesta a requerimientos de carácter legal como la sentencia T-622 de 2016 emitida por la Honorable Corte Constitucional contribuyendo a la materialización del derecho a la vida, la salud y al medio ambiente sano.

**Palabras claves:** mercurio, contaminación, salud ambiental, minería, biomarcador

## ABSTRACT

The research sought to analyze the exposure conditions and their relationship with levels of mercury in hair in the population that inhabits the Atrato river basin in the municipality of Turbo-Antioquia. Sociodemographic and environmental conditions were described in the study area. Mercury titrations in hair of the population at risk were estimated and the possible relationship between these and the sociodemographic and environmental conditions in the population was determined. The analysis was carried out using SPSS v24 software, Excel 2016, applying a multiple logistic regression model, estimating the relative risk "odds ratio" (OR) with confidence intervals (95% CI) and in the multiple analysis, significance values  $p < 0.05$  were taken into account. Of the population studied, it was obtained that 48.77% are men and 51.23% are women. 15.9% presented exposure to mercury in hair above the permissible limit by the WHO ( $> 1 \mu\text{g} / \text{g}$ ), identifying a greater proportion of affectation in men (58.8%) and in the group of economically active people (15 -44 years; 45.1%). Mercury levels above the threshold were found in  $< 4$  years (1.8%), 5-14 years (12.2%)  $> 15$  years with 20.3%. The signs and symptoms that were evidenced with the highest proportion in  $< 4$  years were weight loss (10.6%), sweating and excessive salivation (14.3%). In the age group of 5-14 years, it was found that hair loss (73.1%), headache (41.8%) and sadness for no apparent reason (20.9%). Skin problems (91.1%), sadness for no apparent reason (36.8%), forgetfulness (29.5%) were found in  $> 15$  years. Research constitutes a technical input to formulate public health policies, plans, and programs considering the social determinants of health. It responds to legal requirements such as judgment T-622 of 2016 issued by the Honorable Constitutional Court, contributing to the realization of the right to life, health and a healthy environment.

**Keywords:** mercury, pollution, environmental health, mining, biomarker

## INTRODUCCIÓN

La minería es una de las actividades económicas más antigua en la humanidad, se desarrolla fundamentalmente en tres dimensiones: gran minería, mediana minería y pequeña minería. Según un informe de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) del 2004, la minería del oro artesanal y en pequeña escala produce entre el 20 y el 30 % del oro del mundo, es decir, entre 500 y 800 toneladas anuales (1).

En Colombia, es una actividad que históricamente se ha desarrollado de forma artesanal y en pequeña escala, es decir, utilizando escasa tecnificación, intensiva mano de obra no calificada y generando baja producción por yacimiento (2). El 72% de las minas en el país son pequeñas y el 30% de la producción de estas está relacionada con la minería de oro, acorde a las cifras emitidas por el último censo minero colombiano elaborado en el 2011 (3).

Una de las prácticas recurrentes en el ejercicio de esta actividad es el uso del mercurio para separar el oro de otros metales por ser económico, fácil de conseguir, rápido y eficaz. Según un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA- fechado en 2007, anualmente, esta actividad consume 806 toneladas y genera emisiones del orden de 150 toneladas de mercurio (1). En Colombia, uno de los problemas más importante asociado a la minería aurífera es la contaminación por mercurio y otras sustancias tóxicas (4,5), constituyéndose en un factor de riesgo para la salud humana y el sostenimiento de los ecosistemas (6) en función de la exposición al tipo de mercurio involucrado ya sea inorgánico u orgánico.

En primer lugar, porque la exposición a vapores de mercurio inorgánico genera afectaciones al sistema nervioso central, función renal y tiroidea (7) y la exposición a mercurio orgánico afecta el psicodesarrollo (8,9). Los impactos de los productos químicos en las personas y otros organismos vivos varían desde la mutagénesis celular hasta el daño neurológico, daño a la reproducción y el desarrollo, efectos metabólicos, inmunotoxicidad, inflamación pulmonar y la aparición de bacterias resistentes a los antibióticos. Los niños envenenados por mercurio y plomo también desarrollan problemas en sus sistemas nervioso, digestivo y renal (10).

En segundo lugar, por el impacto ambiental relacionado con la deforestación para la ubicación de las áreas de extracción y entables, produciendo residuos peligrosos provenientes de los desechos que contienen Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs) como el arsénico mercurio (Hg) , arsénico (As), plomo (Pb) y cadmio (Cd) los cuales provienen del drenaje de las pilas de acopio del mineral, de los desechos y también de las aguas de proceso o mina (11–13).

En este sentido, las comunidades ubicadas en áreas de actividades mineras presentan un mayor riesgo para su salud, demostrada por estudios que han reportado contaminación con este metal en sedimentos, plantas acuáticas y peces (14–17), así como en humanos y su relación con el consumo de pescado contaminado (18–20). Recientemente, se reportaron altas concentraciones de mercurio (Hg) y metilmercurio (MeHg) en sedimentos, donde también se mostró la alta biodisponibilidad del Hg, lo que puede generar un alto riesgo a la salud humana por su difusión a la columna de agua y bioacumulación en las especies ícticas (21). En los lugares de quema de la amalgama, las concentraciones de mercurio en la atmósfera son peligrosamente elevadas y superan el límite fijado por la Organización Mundial de la Salud –OMS- para la exposición de las personas (1,0 g/m<sup>3</sup>) (22). Por tanto, la exposición a mercurio asociada a malas prácticas de higiene laboral favorece el desarrollo de la intoxicación ocupacional (4,23).

El departamento de Antioquia es el primer productor de oro en Colombia; en sus zonas auríferas la población está expuesta a altos niveles de mercurio, metal utilizado en los procesos de extracción y purificación (4). La cuenca del río Atrato es un bien ambiental ubicado entre los departamentos de Chocó y Antioquia que oferta servicios ecosistémicos de regulación hidrológica, control biológico, subsistencia y alimentación a los pobladores de la zona.

Sin embargo, una de las características de la minería de oro a pequeña escala en Colombia, y en especial en la cuenca del río Atrato, es que han dejado una gran cantidad de sitios o fosas abandonados (pozas) contaminados con mercurio. Adicionalmente, mucha de la minería se ha desarrollado cerca de estas pozas, y alrededor de los ecosistemas acuáticos, donde la población humana deriva parte de su sustento a través del consumo de pescado que son capturados en esos sitios, generando un riesgo a la salud humana de la población (16,20). Una característica

fundamental de estas pozas es su alta presencia de plantas acuáticas que potencializan la metilación generando un riesgo muy alto a la salud humana y ambiental (24–26).

Considerando la sentencia emitida por la Honorable Corte Constitucional T-622 de 2016 se declaró la grave vulneración de los derechos fundamentales a la vida, a la salud, al medio ambiente, al agua como fuente hídrica, a la seguridad alimentaria, al territorio y a la cultura de las comunidades étnicas que habitan la cuenca del Río Atrato por la actividad minera ilegal que se desarrolla en el territorio, una de las cuales es la del municipio de Turbo en el departamento de Antioquia. En atención a la problemática, se dictamina la protección de estos derechos, declarando al Río Atrato como sujeto de derechos (27).

Pese a lo anteriormente expuesto, no se precisa de información que contenga datos sobre la incidencia de la minería aurífera y su impacto en la salud humana en un escenario de exposición y riesgo en la cuenca del río Atrato, específicamente en el municipio de Turbo, por lo cual es imperante la necesidad de realizar estudios que permitan identificar la relación causal entre ambiente y salud para establecer las medidas preventivas y correctivas posibles.

Bajo este escenario, se hace necesario plantear el siguiente cuestionamiento ¿Es posible establecer las condiciones de exposición y su relación con la presencia de mercurio en cabello de la población residente en la Cuenca del río Atrato producto de la actividad de minería de oro?

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 GENERAL**

Analizar las condiciones de exposición y la relación con los niveles de mercurio en cabello en la población que habita la cuenca del río Atrato zona de minería de oro en el municipio de Turbo departamento de Antioquia.

### **1.2 ESPECÍFICOS**

Describir las condiciones sociodemográficas y ambientales de las personas que habitan la cuenca del río Atrato localizadas en el municipio de Turbo.

Interpretar las titulaciones de mercurio en cabello de la población en riesgo considerando los valores de referencia establecidos por la Organización Mundial de la Salud –OMS-.

Determinar la relación entre las titulaciones de mercurio en cabello y las condiciones sociodemográficas y ambientales en la población evaluada en la zona de minería de oro.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

La Salud, como proceso vital del hombre, ha cambiado en función del tiempo y de las transformaciones del pensamiento humano. Galeno, nacido en el año 131 A.C., cuestionó el concepto de salud y enfermedad a través del naturalismo hipocrático y el racionalismo. En la edad moderna, con el auge de la ciencia hay un interés natural por el cuerpo humano. En el siglo XVII la Revolución Industrial y los avances técnico científicos de la época, consideraron aspectos biológicos y físicos, económicos, sociales y políticos relacionados con la salud. A finales del siglo XIX y comienzos del XX se concibe la salud como factor de desarrollo (28).

La salud pública marca sus inicios con el estudio de Lalonde en 1974 definiéndola como una disciplina orientadora del accionar los servicios de salud encargados de velar por la salud de la población. (29)

Durante la segunda mitad del siglo XIX la idea ambientalista de la salud pública incidió en las políticas públicas coadyuvando al surgimiento de la teoría ecologistas y ambientalista que reaparecen al final del siglo XX, dando un salto cualitativo con respecto al higienismo del siglo XIX redundando en importantes reuniones de finales de siglo como la de Oslo (1968), Río de Janeiro (1992), Sundsval, Suecia (1991) o los programas de Río de Janeiro y el Protocolo de Kioto, que han hecho énfasis en el tema ambiental y el desarrollo sustentable (30).

El nexos entre la salud humana y el ambiente ha sido reconocido desde hace mucho tiempo. La salud humana depende de la voluntad y la capacidad de una sociedad para mejorar la interacción entre la actividad humana y el ambiente químico, físico y biológico. Esto debe hacerse de manera que promueva la salud humana y prevenga la enfermedad, manteniendo el equilibrio y la integridad de los ecosistemas, y evitando comprometer el bienestar de las futuras generaciones (31).

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Mercurio

Pocos elementos químicos tienen tantas connotaciones culturales como el mercurio. Los romanos lo conocían como hydrargyrum, palabra derivada del nombre griego Ὑδραργυρος, y que significa algo así como “plata acuosa”, o “plata líquida”. Los químicos usan el símbolo Hg para representarlo, precisamente en función de su nombre latino. Su actual nombre alemán es quecksilber e incluso en inglés acepta el nombre alternativo de quicksilver; estos términos significan “plata viva”, y de nuevo hacen alusión a su movilidad. Es fácil comprender la vinculación que hacen estos términos, hydrargyrum, quecksilber, quicksilver, con la plata y con su fluidez (32).

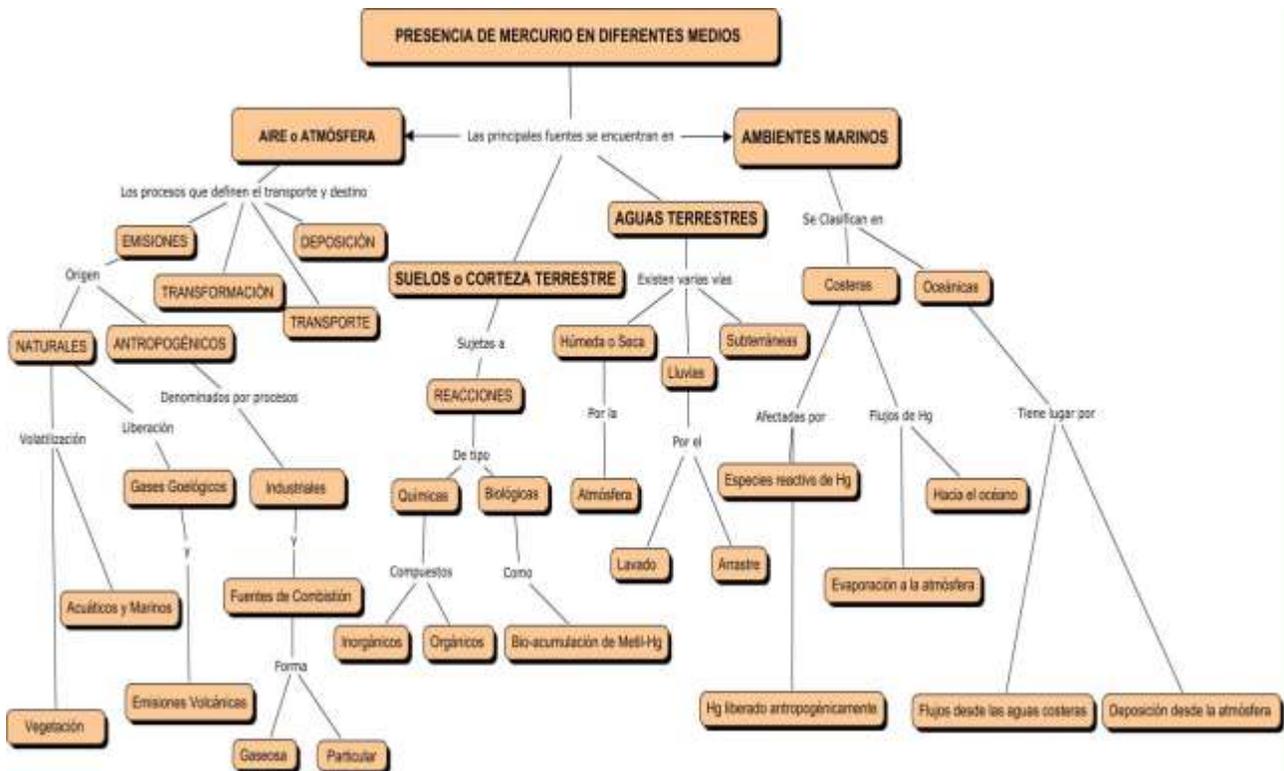
Durante más de veinte siglos, el mercurio había sido conocido y utilizado por diversas culturas a lo largo y ancho de todo el mundo. Sin embargo, su consumo hasta finales del siglo XV había sido escaso y casi exclusivamente como bermellón para la fabricación de pinturas, así como en medicina. Quien dio el primer impulso para el gran consumo de mercurio fue el sevillano Bartolomé Medina, al poner a punto en 1557 el método del ‘Beneficio del Patio’ para la amalgamación en frío de los minerales de plata. A partir de ese momento las aplicaciones del mercurio empezaron a multiplicarse. Así Paracelso, en el siglo XVI, introdujo su empleo en el tratamiento de la sífilis; Torricelli, en 1643, lo utilizó en su barómetro; en 1720, Fahrenheit en su termómetro o a Priestley, a quién sirvió de fundamento a finales del siglo XVIII para el análisis de gases (33).

El Mercurio, posee brillo parecido a la plata y a 25 °C tiene una densidad de 13.456 g/ml. A 20 °C la presión de vapor es de 0,00212 mmHg (1). Es un metal blanco plateado muy tóxico simbolizado como “Hg” y cuyo número atómico es 80 en la tabla periódica, el único en estado líquido a 0°C, muy denso y poco compresible; de tensión superficial muy alta y débil reacción calorífica, posee gran capacidad de amalgamar a casi todos los metales. Se evapora a 13°C y encontramos trazas de él en cualquier producto que se analice (23,34).

Gaona presenta una definición sobre el ciclo del mercurio como el flujo continuo de mercurio entre atmósfera, tierra y agua el cual, está cimentado en el comportamiento del Hg en los

diferentes medios, en las reacciones químicas implicadas, así como en parámetros de transporte y su destino final. Por consiguiente, en cualquier lugar del planeta Tierra donde se encuentren depósitos su función parte de ciertas condiciones expuestas (33), a continuación de muestra el ciclo del Mercurio en diferentes fuentes:

Esquema 1 Presencia de mercurio en diferentes medios



Fuente: Elaboración Propia. Adaptado de Gaona Martínez (33).

Asimismo, el autor menciona que se ha calculado que los océanos poseen la mayor reserva de mercurio con alrededor de  $10^{17}$ g de mercurio principalmente en forma de sulfuro de mercurio HgS o cinabrio, mineral escaso proveniente de las rocas sedimentarias. Estas aguas contendrían alrededor de  $10^{13}$ g, la misma cantidad que suelos y sedimentos conjuntamente; la biosfera, principalmente en forma de biota terrestre, contendría  $10^{11}$ g;  $10^8$  g la atmósfera y  $10^7$ g las aguas terrestres, esta estimación no incluye la minería y otras reservas en el mundo (33).

Igualmente, es necesario aportar datos acerca de la presencia antropogénica de mercurio en el medio ambiente. Debido a la gran movilidad del mercurio dentro de su ciclo, esta cuantificación

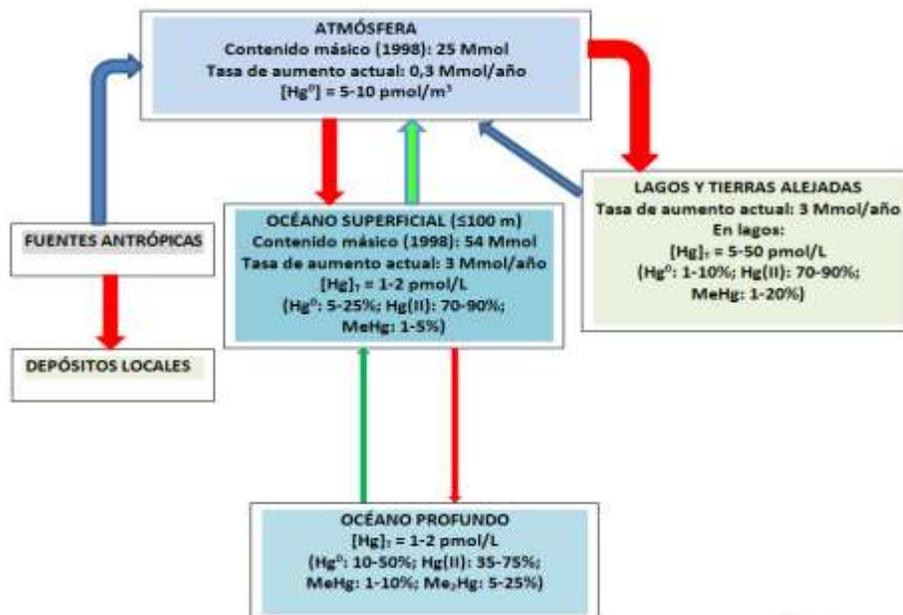
se hace especialmente difícil. Desde la comunidad científica se arrojan una gran cantidad de datos, muchos de ellos no demasiado coincidentes entre sí. Gaona refiere que existen estudios recientes que indican por ejemplo que de las aproximadamente 200.000 toneladas de mercurio emitidas a la atmósfera desde 1890, aproximadamente el 95% se encuentran en suelos terrestres, alrededor de un 3% en aguas oceánicas y un 2% en la atmósfera. También se estima que entre el 40 y el 75% del mercurio atmosférico actual tiene como origen fuentes antropogénicas (33).

La distribución del mercurio en el ambiente a través de su ciclo biogeoquímico cuya base son los reservorios entre estos: la atmósfera, aguas oceánicas, el suelo, aguas subterráneas entre otras., una vez fijados es relevante calcular la cantidad contenida, la dialéctica entre cada reservorio (32).

Del mismo modo, el ciclo propuesto por Morel (35) explica tres aspectos fundamentales a comprender:

- Cómo se expresa las cantidades de mercurio contenida en los reservorios.
- Uno de los pocos reservorios importantes no es accesible, hace referencia a los minerales.
- Las emisiones desde fuentes antrópicas y su aumento

Esquema 2 Ciclo global del mercurio



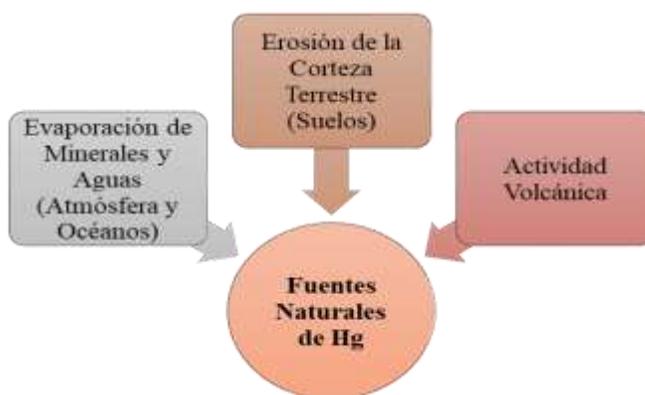
Fuente: Morel y col., 1998, por Blesa y Castro (2015) (32,35). Código de flechas: roja,  $Hg(II)$ ; azul:  $Hg^0$ ; verde: dimetilmercurio. El grosor mide la importancia del flujo: 15 Mmol/año la más gruesa, 10 Mmol/año las siguientes, después 5 Mmol/año y las más delgadas 1 Mmol/año.

El mercurio proviene principalmente de dos fuentes: las naturales y las antrópicas. El mercurio “fresco” de origen natural proviene esencialmente de erupciones volcánicas. Por tal motivo, a lo largo de los tiempos geológicos, los niveles de mercurio han fluctuado mucho. El registro histórico de estos niveles puede obtenerse midiendo los contenidos de mercurio de sedimentos de distinta profundidad; cuanto más profundo, más antiguo (32). En este sentido se comprende, que el mercurio procede de un origen magmático desde la prehistoria hasta los procesos que se evidencian en la actualidad.

De este modo, el mercurio inicia su ciclo geoquímico pasando a la corteza terrestre y de esta al aire, al agua y suelos, para pasar posteriormente a las plantas y a los animales y, por último, al hombre. Posteriormente el mercurio y sus compuestos reinician el ciclo en sentido inverso, en formas: sólidas, disueltas, absorbidas, gaseosa. Esto último se explica porque este metal posee algunas propiedades únicas que le permiten tener una gran y fácil movilidad en diferentes medios físicos y químicos como lo son su gran capacidad de absorción por las arcillas y otros sedimentos hacen que se deposite rápidamente en el terreno o en las aguas de ríos y de océanos. Por otra parte, su relativamente alta tensión de vapor en estado metálico o elemental, hace que la evaporación desde los depósitos minerales y durante los procesos industriales sea elevada, por lo que se puede considerar que la contaminación más importante por causa del mercurio es la emisión a la atmósfera (36).

El esquema 3 muestra una síntesis de los argumentos expuestos por el autor y principalmente resalta implícitamente que una alta concentración de mercurio se halla en estado natural en los minerales y que la industria a gran escala ha provocado altas emisiones en la atmósfera.

Esquema 3 Fuentes naturales de mercurio.



Fuente: Tomado de (36)

Para Blesa y Castro “Las fuentes antrópicas de mercurio derivan del uso que el hombre le ha dado al elemento y sus compuestos, y al procesamiento industrial a altas temperaturas de materiales que lo contienen, incluyendo los combustibles” (32). Por otra parte, se refiere que las mayores emisiones de mercurio a la atmósfera, provienen de la disposición en la minería artesanal de oro, quemado de combustibles fósiles y la producción de metales (37).

En síntesis, la acción del ser humano y su intervención en los procesos naturales del mercurio y el uso que ha derivado de sus propiedades, ya sea para fines científicos, económicos y tecnológicos, ha y está generando grandes impactos a mediano y largo plazo en las generaciones pasadas y presentes impactando la salud humana y en el medio ambiente pero si contribuir apoyando alternativas que buscan mitigar en el tiempo esas consecuencias y respetando las normas que así lo establecen.

Los usos del mercurio pueden variar en cada país según las actividades y sectores donde es empleado (33). Su distribución se ve reflejada en la siguiente tabla, que detalla los más importantes a nivel mundial:

**Tabla 1** Usos del mercurio

<b>USOS</b>	<b>CONTEXTOS</b>	<b>RECOMENDACIÓN</b>
<b>Industrias cloro-álcali con cátodo de mercurio</b>	Producción de hidróxidos alcalinos, industria del aluminio, producción de rayón y celulosa, industria del papel, industria textil, producción de petróleo y refinados, detergentes, explosivos, industria farmacéutica entre otras.	Sustitución por otras tecnologías menos contaminantes y letales. Todavía existen este tipo de industrias en varios países a nivel mundial.
<b>Pilas</b>	Pilas o baterías a partir de celdas de Zn/Hg. audífonos, relojes, marcapasos, cámaras fotográficas y calculadoras.	Prohibición en algunos países y otros continúan su producción en serie.
<b>Funguicidas y Preservantes</b>	Pinturas (prevenir el crecimiento de hongos y moho) y como coberturas en depósitos de semillas. Antiséptico tópico (Merthiolate)	Están prohibidos en muchos países, en especial para los compuestos de metilmercurio.
<b>Catalizadores</b>	Industria para la producción del cloruro de vinilo, acetato de vinilo y acetaldehído (plásticos y resinas). Industria Petroquímica.	Síntesis de acetaldehído. Remisión caso Minamata (Japón). Una alternativa son otros catalizadores basados en bismuto.
<b>Relleno dental</b>	Amalgama dental (aleación de Ag, Sn y Zn), es mezclada con mercurio elemental.	La alternativa actual a las amalgamas son los compósitos de resinas. El uso de amalgamas por los odontólogos constituye un riesgo ocupacional reconocido.
<b>Aparatos eléctricos</b>	Lámparas, interruptores, rectificadores de corriente, termómetros y barómetros.	Reducción drástica en casi todas las aplicaciones descritas, gracias a la

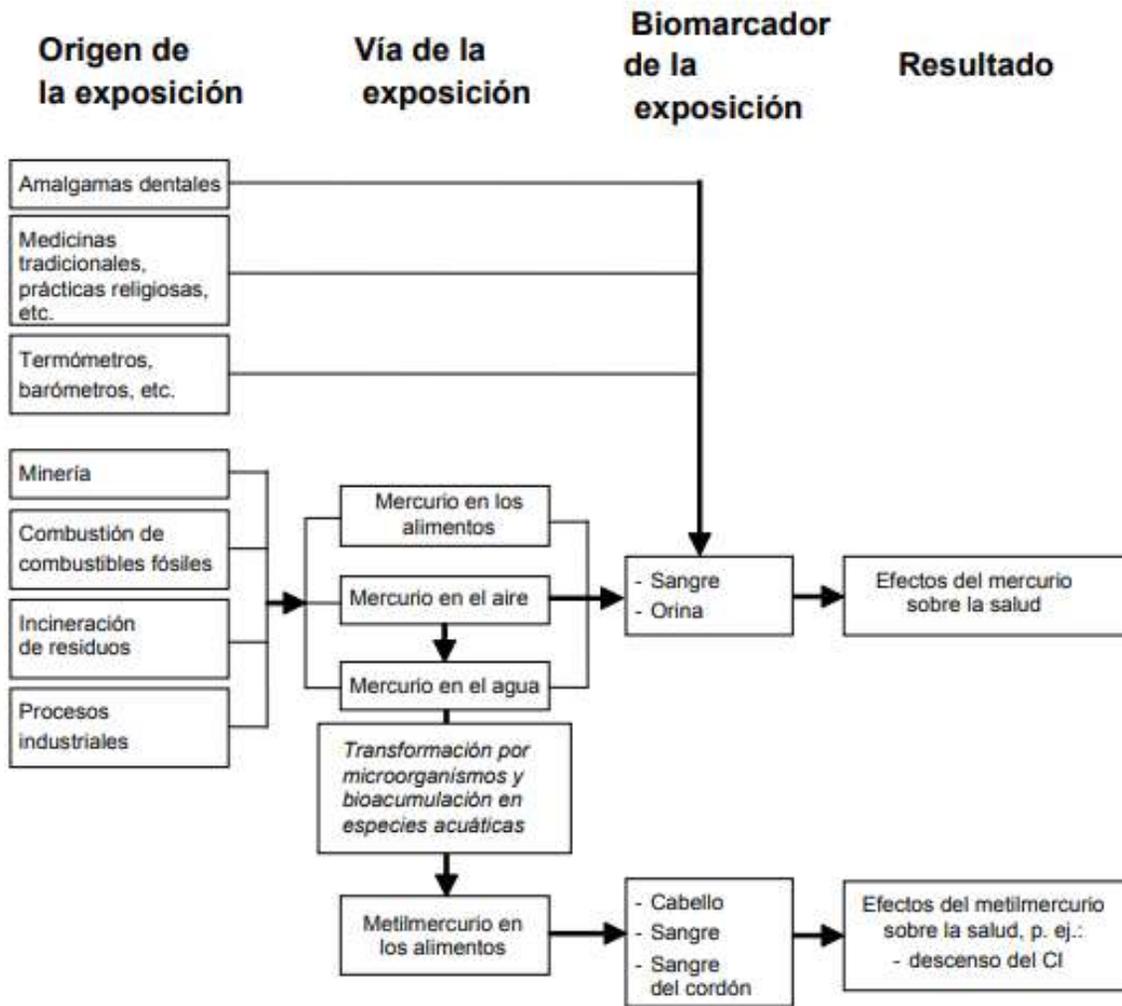
USOS	CONTEXTOS	RECOMENDACIÓN
		concienciación ambiental y las estrictas leyes impuestas.

Fuente: Adaptado de Gaona Martínez, Xavier (2004) (33).

Uno de los usos del mercurio está relacionado se mezcla con materiales que contienen oro, formando una amalgama. Luego esta se calienta, vaporizando el mercurio y dejando el oro. El proceso es muy peligroso y puede conducir a una exposición significativa al mercurio. Los mineros que trabajan en relaves en áreas donde el mercurio se usaba anteriormente también pueden estar expuestos inadvertidamente al mercurio residual en estos depósitos (38).

Las fuentes de intoxicación habituales para los humanos provienen de alimentos como el marisco o atún, los cuales toman el mercurio y lo acumulan de entornos marinos contaminados por el metal o mediante la cadena trófica pues al no ser biodegradable se mantiene activo. El contenido de mercurio en el cuerpo humano puede resultar letal por su grado de toxicidad, cuando la relación la dosis excede los límites permitidos que puede tolerar la persona expuesta y la reacción se torna crítica a corto y largo plazo dependiendo las vías de exposición, absorción, asimilación y eliminación. En este mismo orden y dirección, el mercurio inorgánico como los compuestos organomercuriales ha ocasionado consecuencias graves en el transcurso de la humanidad que han sido registrados como casos significativos de salud pública y laboral entre ellos, intoxicaciones y envenenamientos. Por ende, los efectos toxicológicos se evidencian en su mayoría en el contexto industrial, de la minería artesanal del oro y médico (32).

**Figura 1** Marco de exposición al mercurio



**Fuente:** Tomado de Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local.

En la siguiente tabla se explica el mecanismo de absorción, distribución, eliminación, la parte clínica y el control que se ha tomado a nivel internacional para contrarrestar sus efectos en la salud del ser humano.

Tabla 2 Toxicocinética y toxicodinámica del mercurio

CONCEPTO	VÍAS	CLÍNICA DE LA INTOXICACIÓN MERCURIAL	CONTROL DEL RIESGO TOXICOLÓGICO
<p><b>Absorción: Mercurio elemental.</b> Aproximadamente un 80% del vapor de mercurio que se inhala puede absorberse por los pulmones y retenerse en el cuerpo. La cantidad retenida es la misma ya sea inhalado por la nariz o por la boca.</p> <p><b>Iones inorgánicos.</b> La absorción de aerosoles inhalados de compuestos inorgánicos de mercurio dependerá del tamaño de las partículas, su solubilidad y otras variables típicas de la absorción de partículas</p> <p><b>Mercurio orgánico.</b> La bioacumulación del metilmercurio se descubrió hace menos de 50 años, a raíz de observaciones de científicos suecos sobre signos neurológicos en aves de rapiña que se alimentaban de pequeños mamíferos, los que a su vez consumían granos tratados con organomercuriales.</p> <p><b>Distribución:</b> el mercurio en el organismo tiende a alcanzar un estado de equilibrio determinado por los siguientes factores: a) Dosis b) Duración de la exposición c) Grado de oxidación del mercurio d) Concentración de los compuestos de mercurio en los distintos compartimentos sanguíneos. e) Concentración en relación con los grupos</p>	<p>Las vías de entrada del mercurio al organismo humano son:</p> <p><b>Vía Respiratoria (absorción por inhalación):</b></p> <p>El vapor de mercurio elemental es no polar, es ligeramente soluble en agua y fácilmente penetra la membrana alveolar y pasa a la sangre absorbiéndose un 80% de la cantidad inhalada.</p> <p>Los compuestos orgánicos de mercurio no disociables (COMND) en el organismo, tales como el metil y etilmercurio su comportamiento va a ser similar y penetran la membrana del Pulmón.</p> <p><b>Vía Digestiva (absorción por ingestión):</b></p> <p>El Hg<sup>0</sup> se absorbe muy poco en el tracto gastrointestinal, probablemente en cantidades inferiores al 0,01%.</p> <p>En el campo de Salud Pública, esta vía de absorción es la que tiene mayor importancia, ya que el aporte de mercurio (metilmercurio) a la población</p>	<p>Cuando se llega a un punto crítico en el balance entrada-eliminación de mercurio, aparecen los efectos tóxicos que se manifiestan de diferentes formas de intoxicación:</p> <p><b>Intoxicación Aguda:</b> Es muy poco frecuente en el medio industrial, salvo accidentes. Si la vía de penetración es la respiratoria, aparece traqueobronquitis que siempre se acompaña de tos e hipertermia, posteriormente puede aparecer una neumonía difusa con edema intersticial y a veces un neumotórax bilateral.</p> <p>Por inhalación masiva de vapores de mercurio se han descrito algunos casos que cursan con mareos, ceguera súbita, espasmos musculares y temblor.</p> <p>En definitiva, en primer término el órgano crítico es el tracto gastrointestinal y si el paciente sobrevive el órgano crítico es el riñón.</p> <p><b>El mercurio metálico</b> ingerido por vía oral no produce intoxicación, dado que las cantidades de metal absorbidas son insignificantes.</p> <p><b>Intoxicación Subaguda.</b> No es</p>	<p>Las iniciativas internacionales para controlar el riesgo toxicológico del mercurio se encuentran:</p> <p>El protocolo sobre metales pesados de la United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) de 1998, referido a la Contaminación Transfronteriza del Aire de Largo Alcance entró en vigencia en 2003. Establece normas para disminuir las emisiones y controlar el uso del mercurio.</p> <p>El Convenio para la Protección del Ambiente Marino del Atlántico Noreste (OSPAR Convention) entró en vigencia en 1998.</p> <p>El Convenio de Basilea sobre Control de Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Disposición, con 180 países miembros.</p> <p>el Anexo III del Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado</p>

CONCEPTO	VÍAS	CLÍNICA DE LA INTOXICACIÓN MERCURIAL	CONTROL DEL RIESGO TOXICOLÓGICO
<p>sulfhídricos libres. f) Afinidad de los componentes celulares con el mercurio. g) Velocidad de asociación y disociación del complejo mercurio-proteína.</p> <p><b>Mercurio elemental.</b> Luego de la exposición a vapores de mercurio, la forma elemental aparece disuelta como tal en la sangre. En pocos minutos el mercurio se oxida al catión divalente en los eritrocitos (glóbulos rojos), en una reacción catalizada por la enzima catalasa.</p> <p><b>Mercurio inorgánico.</b> El riñón es el sitio principal para la acumulación del mercurio inorgánico. Sin embargo, luego de una exposición oral puede haber acumulación en la mucosa del tracto gastrointestinal, de modo que una parte significativa de esta fracción de la dosis puede eliminarse debido al desprendimiento natural de estas células</p> <p><b>Mercurio orgánico.</b> El metilmercurio se distribuye por la sangre a todos los tejidos. El perfil de distribución es mucho más uniforme que en el caso de la exposición a las formas inorgánicas, excepto en los eritrocitos, donde la concentración puede incrementarse hasta 10 ó 20 veces respecto del plasma.</p> <p><b>Eliminación. Mercurio elemental.</b> Luego de una exposición corta a vapores de mercurio, alrededor en un tercio de lo absorbido se eliminará en la misma forma química por exhalación mientras que el mercurio remanente se eliminará</p>	<p>no expuesta ocupacionalmente procede fundamentalmente de los alimentos y más concretamente del pescado.</p> <p><b>Vía Cutánea:</b> Es muy probable que el Hg<sup>0</sup> pueda atravesar la piel, pero no se dispone en la actualidad de cifras cuantitativas.</p> <p>El metilmercurio es también muy probable que penetre por la piel, se han descrito casos de intoxicación debida a la aplicación local de pomadas conteniendo metilmercurio hasta que punto hay absorción.</p>	<p>frecuente en el medio laboral, no obstante se han descrito algunos casos con el siguiente cuadro: tos o irritación bronquial, vómitos, diarrea, estomatitis, ulceraciones en mucosa de la boca, eritrodermia mercurial y proteinuria.</p> <p>El cuadro subagudo puede ser el resultado de un intoxicación medicamentosa y se caracteriza por el siguiente cuadro: nefritis, alteraciones digestivas (estomatitis, enteritis) y alteraciones cutáneas (eritrodermia mercurial).</p> <p><b>Intoxicación Crónica.</b> Es la forma más frecuente en el medio laboral y constituye el denominado “Hidrargirismo o Mercurialismo”. En este tipo de intoxicación haremos dos grandes apartados: a) Mercurio elemental (vapor) y compuestos inorgánicos b) Derivados orgánicos (metilmercurio).</p> <p>Las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta pueden ser modificadas por distintos factores como edad, sexo, estado nutricional, etc., según el tipo de compuesto de mercurio de que se trate.</p> <p>Hay que mencionar el papel del selenio en la toxicología del mercurio. Se ha demostrado en animales de experimentación que el selenio afecta a</p>	<p>Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional que entró en vigencia en 2004.</p> <p>El Programa Ambiental de Naciones Unidas (UNEP) ha establecido el Global Mercury Partnership que incluye varias áreas prioritarias: Reducción del mercurio en minería artesanal y de pequeña escala del oro, Control del mercurio en la combustión de carbón, Reducción del mercurio en la industria del cloro-álcali, y otras. Un informe actualizado se encuentra en UNEP Global Mercury Partnership 2013.</p> <p>La Organización Mundial de la Salud a través de su programa International Programme on Chemical Safety que ha producido los Environmental Health Criteria 101 y 118, referidos a metilmercurio y a mercurio inorgánico, respectivamente (IPCS, 1990, 1991).</p> <p>La Convención de Minamata 2013, sobre el Mercurio un tratado global para proteger la salud humana y el ambiente de</p>

CONCEPTO	VÍAS	CLÍNICA DE LA INTOXICACIÓN MERCURIAL	CONTROL DEL RIESGO TOXICOLÓGICO
<p>fundamentalmente como mercurio mercúrico por las heces.</p> <p><b>Mercurio mercúrico o mercurioso.</b> La excreción del mercurio inorgánico se verifica principalmente por la orina y las heces, en una relación prácticamente equivalente. La vida media en todo el cuerpo es de aproximadamente 40 días.</p> <p><b>Mercurio orgánico.</b> La excreción del metilmercurio ocurre predominantemente por la materia fecal. Lentamente ocurre un proceso de demetilación en el intestino y prácticamente todo el mercurio se excreta en forma inorgánica.</p>		<p>la distribución del mercurio mercúrico y disminuye su toxicidad.</p>	<p>los efectos adversos del mercurio, cuyo texto fue aprobado en la quinta sesión del Comité Internacional de Negociación del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP),</p>

Fuente: Tomado de Blesa y Castro (32)

En síntesis, la toxicidad depende del estado en que se encuentre, ya que los compuestos inorgánicos de mercurio son menos peligrosos puesto que son secretados rápidamente por la orina, mientras que los orgánicos presentan una mínima eliminación urinaria. Su acción nociva para el organismo consiste en la destrucción de glóbulos rojos, cambios cromosómicos, tumores cerebrales (ya que los compuestos organomercúricos atraviesan fácilmente la barrera hematoencefálica). Los síntomas más frecuentes de intoxicación por mercurio se manifiesta en:

- Pérdida de apetito y peso
- Inflamación de encías
- Temblores
- Alteraciones psíquicas
- Convulsiones, irritaciones cutáneas
- cambios en la sensibilidad al dolor

Sin embargo, existen síntomas que sugieren una sobrecarga de mercurio en el organismo como la hiperactividad psíquica en niños, estomatitis, aparición de gusto metálico en la boca, aumento de la secreción salivar, insuficiencia renal, anemia, hipertensión, modificaciones en el comportamiento (irritabilidad, depresión), insomnio. (39)

### **2.2.2 Contaminación**

Es el cambio indeseable de las características físicas, químicas o biológicas del aire, agua o suelo que puede afectar de manera adversa la salud, supervivencia o las actividades de los humanos o de otros organismos (40).

Así mismo, se puede considerar como: “la introducción o presencia de sustancias, organismos, o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona”.

La contaminación se clasifica de acuerdo al proceso que la origina, al tipo de contaminante, naturaleza química del contaminante, por el sustrato afectado o por sus efectos (41).

Según su origen, la contaminación se puede clasificar en natural y antropogénica. La contaminación natural es la efectuada por la naturaleza siendo más del 75% del total, y a su vez se clasifica en atmosférica (10 km) y estratosférica. La contaminación antropogénica es la proveniente de la acción del ser humano en las capas inferiores de la naturaleza puede ser de tipo urbano, industrial, energética, agraria, doméstica (42).

En relación al tipo de contaminante, se categoriza como biológica a aquella que considera a seres o productos biológicos que afectan al hombre y su entorno como elementos contaminantes, porque representa amenaza a su salud humana o a la disponibilidad de alimento; física a las diferentes formas de energía que pueden producir alteraciones en el medio y afectar la salud de las personas se incluye el ruido, radiaciones, contaminante y calor y química es la asociada a las principales sustancias químicas presentes en el medio ambiente y que influyen de forma negativa en el organismo (41–43).

Al referirse a la naturaleza química del contaminante, esta puede ser de tipo inorgánico en el que se incluyen los metales; orgánico contiene a los pesticidas, Bifenilos policlorados –PCBs-, dioxinas e hidrocarburos y mixta encierra a los contaminantes como detergentes y bionutrientes (39).

Teniendo en cuenta el medio en que se acumulen los contaminantes, es decir, el sustrato afectado, se clasifica en contaminación del agua, del aire, del suelo, de los alimentos. La contaminación del agua se define como la adición de elementos, materia, formas de energía de manera indeseable que deterioran su calidad, es decir, afectan la aptitud para los usos que se le pueda dar en beneficio del sostenimiento de la vida humana en el planeta. En el suelo, la contaminación, afecta a especialmente a las zonas agrícolas generada por el exceso de fosfatos y nitratos arrastrados por aguas superficiales, o a través de lluvias de metales provenientes de aerosoles. Un alimento se considera contaminado, al contener sustancias distintas a su composición químicas o características físicas normales (44). Cualquier sustancia que añadida a la atmósfera produzca efectos dañinos para la salud humana o el medio ambiente, se denomina contaminación atmosférica (45).

En términos de los efectos, la contaminación se tipifica como tóxica, es decir, relacionada con las sustancias químicas sintéticas (Xenobiótico), cuando causa efectos indeseables en los seres vivos tales como: daño funcional o anatómico, homeostasia, aumento de sensibilidad a otros agentes químicos, físicos y biológicos o si su presencia es incompatible con la vida (41).

La toxicidad, alude “a la actividad tóxica, concreta y específica, vinculada a la estructura química de una sustancia exógena al organismo (Xenobiótico) por su interacción con moléculas endógenas (receptor)” y se encuentra influenciada por los siguientes parámetros:

- La concentración de la sustancia química en el sitio del receptor, la cual depende de la biodisponibilidad que a su vez está determinada por sus propiedades fisicoquímicas, dosis ingerida y metabolización.
- La concentración del receptor, que depende de la especie animal, tejido afectado, edad y sexo del organismo vivo, su equilibrio hormonal, estado nutricional.
- La afinidad del xenobiótico por el receptor, que depende de la naturaleza química del primero y de las características bioquímicas del segundo (46).

Los agentes contaminantes se definen como toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones, ruido, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, alteren o modifiquen su composición y afecten la salud humana (44).

Dentro de estos, los metales pesados se constituyen en uno de los agentes contaminantes ambientales más peligrosos debido a que no son biodegradables y a su potencial de bioacumulación en organismos vivos.

La presencia de metales en el ambiente se da por vía natural y antropogénicas movilizándose a través de matrices de agua, suelo y aire. Se caracterizan por ser persistentes, es decir, no pueden ser creados o degradados por procesos biológicos o antropogénicos. Una vez que han entrado en los ecosistemas acuáticos, se transforman a través de procesos biogeoquímicos y se distribuyen entre varias especies con distintas características físico-químicas. Entre ellos, resaltan por su toxicidad, carcinogenicidad y presencia en el medio ambiente el mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) (39,47,48).

### 2.2.3 Salud Ambiental

Se ha configurado como un concepto amplio transformado en función de paradigmas egocéntricos u homocéntricos hasta llegar a acoger un paradigma ecocéntrico donde el ambiente se considera como un todo viviente interconectado (49). Este concepto se registra en la salud pública y busca entender la relación ambiente-condiciones de salud tomando en consideración la relación humanos-ambiente.

En relación a las perspectivas de este campo se identifican las referentes a las relaciones de base entre la gente y el ambiente y que evocan directamente a un concepto de ecosistema, y aquellas cuyo abordaje está asociado a cuestiones ambientales particulares, que enfatizan los riesgos físicos y químicos derivados del deterioro ambiental en entornos sociales de vivienda, laborales y recreativos. (50).

La OMS en el marco de la Estrategia Mundial de Salud y Medio Ambiente se refería, en el año 1972, a los estudios relacionados con el ambiente y su interrelación con la salud como “Comprende aquellos aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinadas por factores ambientales, físicos, químicos, biológicos y psicosociales. También se refiere a la teoría y práctica de evaluación, corrección, control y prevención de los riesgos ambientales” desde esta óptica se propone que el estudio del vínculo entre salud-ambiente es útil no solo para revisar como un factor ambiental incide en la salud sino para definir acciones tendientes a su prevención (51).

Esta conceptualización no fue estática y en la década de los 90 la Organización Panamericana de la Salud –OPS-, promovió que “(...) El campo de la salud ambiental, sin embargo, no se agota en el conocimiento del impacto del ambiente sobre la salud sino que abarca también el diseño, la organización y la ejecución de acciones tendientes a impedir o a revertir los efectos nocivos del ambiente sobre la salud humana”(52), esta perspectiva ratifica que los estudios en salud ambiental no sólo precisan de establecer relaciones causales, su connotación es más profunda en el sentido en que busca la gestión y el manejo de los riesgos ambientales de tal forma que se goce de una salud plena.

Diversos autores han planteado la salud ambiental desde diferentes perspectivas en las cuales se le considera desde un factor protector de enfermedades hasta un espacio eco-biológico en donde se configuran las circunstancias de la vida; es así como desde la perspectiva de salud se le considera la “parte de la salud pública, la cual se ocupa de impedir las enfermedades, prolongar la vida y fomentar la salud y la eficiencia física y mental del hombre, a través del esfuerzo organizado de la comunidad. A la par tiene que ver con el equilibrio ecológico que ha de existir entre el hombre y su medio para hacer posible su bienestar”(53), esta connotación posibilita una forma de pensamiento armónica en la cual se favorece la relación del hombre como parte de su sistema natural.

Así mismo se le ha considerado a la salud ambiental como aquella “parte de las ciencias ambientales que se ocupa de los riesgos y efectos que para la salud humana representan el medio que habita y donde trabaja, los cambios naturales o artificiales que ese lugar manifiesta y la contaminación producida por el mismo hombre a ese medio”; desde esta perspectiva más integral se asume que la salud ambiental es parte integral de la salud, un factor intrínseco de protección en términos de salud humana. Además, considera como el cambio en ese medio natural, ya sea por causas naturales o antrópicas, repercute en la salud humana. (54).

Desde otra perspectiva la salud ambiental es la “ciencia que se ocupa de las interrelaciones interactivas positivas y negativas del hombre con el medio ambiente donde se habita y trabaja, incluyendo los otros seres vivos como animales y plantas, los cambios naturales o artificiales que ese lugar manifiesta y la contaminación producida por el mismo hombre en el ambiente y que puedan afectar a la salud humana así como su estrecha relación con el desarrollo sostenible” denotando el beneficio mutuo de la interacción hombre-ambiente con los nichos naturales o ecológicos; en esta conceptualización se incorporan los efectos antropocéntricos dañinos del hombre (51).

En su artículo “Determinación ambiental de la salud: un reto para Colombia” plantea la definición del ambiente en sus diferentes concepciones como determinante de la salud concibiendo que las problemáticas de tipo ambiental y de salud no son independientes, sino que se deben enmarcar en un contexto de salud pública y desarrollo, en el que su abordaje se puede desarrollar desde dos frentes de acción. El primero, de corte preventivo cuyo enfoque es la gestión del riesgo materializado en acciones de seguridad e higiene. La segunda, de corte

promocional fundamentada en la concepción del desarrollo de potencialidades y de calidad de vida. (55)

De tal forma que la salud ambiental presenta una connotación en la cual aparece como una entidad dinámica donde la especie humana se considera como responsable de lo que le ocurre en materia de salud y no como una simple receptora de los desequilibrios presentes en el medio ambiente. (52)

## **2.3 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

### **2.3.1 Contexto internacional**

Desde la dimensión de la salud ambiental y en el marco del Plan decenal de Salud pública realiza un análisis de los problemas y desafíos que enfrenta Colombia respecto a la salud ambiental para garantizar a la población el goce efectivo de un derecho a un ambiente sano y al mantenimiento del mismo para futuras generaciones. Dentro de los retos que se plantean frente a la problemática se encuentra el mal uso y el inadecuado manejo de productos químicos por eso esto representa un riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente por lo cual refiere que es necesario que se responda de manera efectiva, eficiente, coherente y coordinada a las cuestiones y problemas nuevos y emergentes, así mismo es importante que se logren obtener beneficios económicos y sociales que sean de pasaporte efectivo a una reducción de efectos sociales y ambientales con el fin de que se conserven la biodiversidad y los ecosistemas (56).

Existen diversos estudios que relacionan las condiciones de salud humana con la contaminación por agentes químicos como los metales pesados. Al respecto el estudio “Prevalencia de exposición de metales pesados y su impacto en las consecuencias para la salud”, plantea como una preocupación importante para la salud pública la contaminación del agua por metales pesados como el arsénico, níquel, mercurio, zinc y plomo, ya que su exposición en los humano produce problemas en la salud que incluyen trastornos cardiovasculares, daño neuronal, lesiones renales y riesgo de cáncer y diabetes (57).

Por otra parte, una revisión de literatura acerca de la toxicidad y mecanismos de individuos de las mezclas de Pb, Hg, Cd y As en el medio ambiente determinó que su biomagnificación en la cadena alimentaria resulta de su ubicuidad y persistencia. El estudio evidenció que la exposición a metales pesados en sistemas biológicos genera estrés oxidativo lo que conlleva a daños en el ADN, modificación de proteínas, peroxidación lipídicas (58).

Uno de los estudios que vincula los metales pesados y el sistema reproductivo femenino y la descripción de las posibles asociaciones con la emisión y exposición de metales pesados y las deficiencias del sistema reproductivo femenino, encontró que la inmunodeficiencia, la osteoporosis, la neurodegeneración y las fallas orgánicas representan los posibles trastornos de salud ocasionados por la toxicidad aguda o crónica de los metales pesados. El estudio concluyó que el deterioro ambiental representa un alto riesgo de exposición humana a metales pesados y, por consiguiente, afectaciones en la salud representadas en alteraciones a la reproducción (59).

Así mismo, en China, un estudio evaluó la asociación de exposición a múltiples metales con el riesgo de presentar cáncer de tiroides papilar (PTC), para lo cual se reclutó un grupo poblacional de 262 casos con PTC confirmados histológicamente a los que se les tomaron muestras de orina que se utilizaron como biomarcadores para reflejar los niveles de exposición ambiental a 13 metales. Su análisis incluyó la adopción de modelos de regresión logística condicional para evaluar la asociación potencial. El estudio evidenció que El aumento de la concentración de Cd urinario, Cu, Fe, y los cuartiles de Pb se encontraron significativamente correlacionados con el riesgo de PTC sugirió que PTC se asoció positivamente con los niveles urinarios de Cd, Cu, Fe, Pb e inversamente asociado con Se, Zn y Mn (60).

En relación a la hipertensión, un estudio de casos y controles con una población de 502 pacientes con hipertensión y 502 sano evaluó las posibles relaciones entre las concentraciones de 20 metales en la orina y el riesgo de hipertensión en China para lo cual de realizaron análisis logísticos multivariados ajustados por posibles factores de confusión. Se encontró que la exposición ambiental a V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Cd y Hg podría estar relacionada con la prevalencia de hipertensión (61).

En la salud infantil, la exposición al mercurio puede generar resultados adversos, por lo que se desarrolló un estudio observacional en comunidades nativas y no nativas en Madre de Dios, Perú, una región caracterizada por la exposición elevada al mercurio que buscó evaluar la respuesta de anticuerpos a seis vacunas del programa ampliado de inmunización (EPI), que incluye hepatitis B, Haemophilus influenza tipo B, sarampión, tos ferina, tétanos y difteria en niños con indicadores variables de mercurio y desnutrición capilar. Se evidenció que los cambios en los anticuerpos infantiles y los niveles de protección se asociaron con indicadores de desnutrición, exposición al mercurio y su interacción. La desnutrición se asoció con una disminución del sarampión y la IgG específica contra la difteria. El estudio concluyó que la respuesta inmune infantil a las vacunas EPI puede atenuarse en regiones con riesgo elevado de exposición al mercurio y exacerbarse por la desnutrición concurrente (62).

Otro de los estudios que se tuvo en cuenta fue “Estudio de monitoreo de metilmercurio en el área de la península de Karkuwacho en Japón” el cual exploró las cargas de exposición al MeHg y los posibles factores contribuyentes en diferentes subpoblaciones en un área de la península (Karkuwacho) en Japón. Este estudio incluyó a 189 personas de 102 familias. Las medias geométricas del mercurio total en el cabello (THg) fueron de 5,74, 3,78 y 2,37  $\mu\text{g} / \text{g}$  para hombres, mujeres y niños adultos, respectivamente, de los cuales el 56,5%, 30,9% y 12,9% tenían THg en el cabello superior a 5  $\mu\text{g} / \text{g}$ , respectivamente. El atún y la caballa fueron las especies de peces comunes que se correlacionaron positivamente con los niveles de THg en el pelo en diferentes subpoblaciones (el coeficiente estandarizado varió de 0,20 a 0,58,  $p < 0,05$ ). El consumo frecuente de estas especies de pescado y una gran cantidad de pescado son probablemente los principales contribuyentes a la exposición al MeHg en esta área. Los autores, recomiendan que la evaluación de riesgos y la comunicación de riesgos a escala local deben destacarse en estudios futuros (63).

En la región Krudersdorp, Sudáfrica se estudió la asociación entre los riesgos ecológicos y para la salud humana con la exposición a metales y metaloides en suelos contaminados de relaves mineros. Se encontró que los riesgos de cáncer asociados con la exposición a metales y metaloides entre los niños fueron mayores que en los adultos con valores de riesgo de cáncer de  $3 \times 10^{-2}$  y  $4 \times 10^{-2}$  para As y Ni, respectivamente, entre los niños, y  $5 \times 10^{-3}$  y  $4 \times 10^{-3}$  para As

y Ni respectivamente entre adultos. Existe un riesgo potencial significativo para la salud humana y ecológica asociado con la exposición a metales y metaloides de suelos contaminados alrededor de vertederos de relaves de minas de oro (64).

Un estudio realizado en Suiza en zonas con suelos parcialmente contaminados con mercurio evaluó a 64 madres y 107 niños que residieron en el área al menos 3 meses. Se midió el mercurio en muestras biológicas (orina y cabello), se administró un cuestionario detallado para cada individuo y se obtuvieron valores individuales de mercurio en el suelo. Los resultados del biomonitorio humano se compararon con valores de referencia y relacionados con la salud evidenciando que las madres y los niños de nuestro estudio tenían medias geométricas (GM) de 0,22  $\mu\text{g Hg / g}$  de creatinina en orina (percentil 95 (P95) = 0,85  $\mu\text{g Hg / g}$ ) y 0,16  $\mu\text{g Hg / g}$  (P95 = 0,56  $\mu\text{g Hg / g}$ ), respectivamente. En el cabello, las madres y los niños tenían GM de 0,21  $\mu\text{g Hg / g}$  (P95 = 0,94  $\mu\text{g / g}$ ) y 0,18  $\mu\text{g / g}$  (P95 = 0,60  $\mu\text{g / g}$ ), respectivamente (65).

### **2.3.2 Contexto Nacional**

En el ámbito nacional, existen una variedad de estudios que se han realizado con el propósito de determinar la presencia de algunos metales como mercurio en peces, agua, sedimentos y algunos alimentos, como el pescado, muy pocos han hecho una evaluación profunda de riesgo en la salud de poblaciones cercanas a zonas de extracción minera. Algunos estudios han reportado valores de mercurio total entre 0.09 y 2.59 ppm. ( $0.86 \pm 0.09$  ppm) en atún enlatado, excediendo el límite máximo establecido por la legislación colombiana (1 ppm) y MeHg en alimentos importados superiores a esos límites (66).

De igual forma, se han reportado concentraciones de mercurio total y metilmercurio en arroz en el departamento de Sucre dentro del límite recomendado por el estándar nacional para arroz molido en China (0.02  $\text{ug/g}$ ), con una ingesta diaria de HgT y MeHg a través del arroz por debajo de los límites establecidos por la FAO y OMS de 0.57  $\text{ug/kg}$  de peso corporal/día de mercurio total y 0.23  $\text{ug/kg}$  de peso corporal/día de metilmercurio (67). A su vez, se han encontrado concentraciones de mercurio total en animales domésticos que representa un riesgo importante en la salud pública procedente de la Mina de extracción de oro "Santa Cruz", al sur

del departamento de Bolívar. Las concentraciones más altas de mercurio se observaron en Suscrofa (cerdo), ( $8156.9 \pm 882.2$  ng/g peso seco), Gallus gallos (gallina) ( $3391.9 \pm 639.5$  ng/g peso seco) y Cairina moschata (pato) ( $1426.5 \pm 263.9$  ng/g peso seco) (68).

En el ámbito nacional, uno de los antecedentes que se tomó como referencia fue el denominada: “Efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana, Colombia, 2013” realizada por Calao, Clelia Rosa y Marrugo, José Luis. El estudio evaluó la genotoxicidad en una población expuesta a residuos de metales pesados en la región de La Mojana para lo cual se evaluaron los efectos genotóxicos y su relación con la concentración de metales pesados (mercurio, cadmio y plomo) en muestras de sangre de una población expuesta y un grupo de control. Los resultados arrojaron concentraciones por encima de lo establecido por la OMS y se evidenciaron efectos genotóxicos posiblemente asociados a la presencia de los metales en la sangre. Se encontraron asociaciones significativas ( $p < 0,05$ ) entre la presencia de mercurio y de cadmio, y el daño en el ADN (69).

En un distrito minero en Colombia, se desarrolló un estudio para examinar los impactos adversos del mercurio total en sangre (HgB), orina (HgU) y cabello del cuero cabelludo humano (HgH) a través de biomonitorio recolectando muestras biológicas representativas de cuero cabelludo, sangre y orina de 63 participantes voluntarios con el objetivo de estimar niveles de exposición utilizando análisis directo. Los resultados mostraron concentraciones de THg en cabello, orina y sangre de los hombres fue de  $15,98 \mu\text{g} / \text{g}$ ,  $23,89 \mu\text{g} / \text{L}$  y  $11,29 \mu\text{g} / \text{L}$  respectivamente, mientras que las mujeres presentaron valores de  $8,55 \mu\text{g} / \text{g}$ ,  $5,37 \mu\text{g} / \text{L}$  y  $8,80 \mu\text{g} / \text{L}$ . Los niveles crónicos de mercurio en orina en trabajadores se vincularon a las exposiciones prolongadas al mercurio inorgánico y metálico de las actividades de lavado de oro, encontrándose una correlación positiva significativa entre el cabello y los niveles urinarios en sangre tanto en hombres como en mujeres (19).

La investigación “Human health risk of methylmercury from fish consumption at the largest floodplain in Colombia” de Jose Marrugo-Negrete et al. evaluó el riesgo para la salud humana por la exposición al Hg a través del consumo de pescado en 11 municipios ubicados en la región de La Mojana, al norte de Colombia en tres grupos de interés niños, mujeres en edad fértil y resto de la población. Se evaluaron las concentraciones totales de Hg (THg) y metilmercurio (MeHg)

en 10 especies de pescado y la ingesta semanal estimada en los grupos de población. Los resultados arrojaron que cinco especies de peces carnívoros excedieron el límite de referencia establecido por la FAO / OMS ( $0,2 \mu\text{g} / \text{g ww}$ ) para poblaciones vulnerables. Para 6 de las 10 especies de peces estudiadas, la ingesta semanal estimada (IAT) en niños estaba por encima de la ingesta semanal tolerable provisional (ISTP,  $1,6 \mu\text{g} / \text{kg pc} / \text{semana}$ ) de MeHg establecida por el JECFA indicando que la mayoría del pescado consumido podría generar efectos negativos en los grupos vulnerables, ya que según la tasa de ingestión, hasta 4 veces mayor que los límites de referencia (70).

Otro de los estudios considerados fue el de Diaz et al. denominado “Exposure to Mercury in Workers and the Population Surrounding Gold Mining Areas in the Mojana Región, Colombia” el cual buscó describir los niveles de mercurio en los trabajadores y habitantes de esta región, e identificar los principales factores sociodemográficos y ocupacionales que se asocian a esta exposición, razón por la cual se realizó un estudio transversal para determinar niveles de mercurio en muestras biológicas (sangre, orina, cabello) de 1119 personas de la región de Mojana. Los resultados arrojaron niveles altos de mercurio en el 35,0% de las muestras de sangre (IC del 95%: 31,9% -38,1%), el 28,8% (IC del 95%: 24,9% -32,8%) de las muestras de orina y el 56,3% (IC del 95%: 53,1% -59,5%) de muestras de cabello. La fuente de agua para consumo notificada se asoció con altos niveles de mercurio (valor  $p < 0,05$ ) (71).

El estudio “Human exposure and risk assessment associated with mercury pollution in the Caqueta River, Colombian Amazon” de Olivero-Verbel et al., evaluó los niveles de Hg total (T-Hg) en cabello humano y peces en el río Caquetá, en la Amazonía colombiana y determinaron los riesgos basados en el consumo de pescado para la ingestión de T-Hgs utilizando un analizador directo de mercurio. El nivel medio general de T-Hg en el cabello de humanos en la muestra del río Caquetá ( $n = 200$ ) fue de  $17.29 \pm 0.61 \mu\text{g} / \text{g}$  (1.2 a  $47.0 \mu\text{g} / \text{g}$ ), dentro de los hallazgos se encontró que el 94% de las personas tenían concentraciones de T-Hg en el cabello superiores al nivel umbral de la OMS ( $5 \mu\text{g} / \text{g}$ ), y el 79% presentaba niveles superiores a  $10 \mu\text{g} / \text{g}$ .

En tal sentido, los autores refieren que sobre la base de la tasa máxima de consumo de pescado permitida para los adultos, la mayoría de las especies carnívoras deben evitarse en la dieta, ya

que su cociente de peligro objetivo varió entre 2,96 y 31,05, lo que representa un riesgo de problemas de salud relacionados con el Hg (72).

Por otra parte, la investigación “Human mercury exposure and irregular menstrual cycles in relation to artisanal gold mining in Colombia” de Rodríguez-Villamizar et al. evaluó el efecto de la exposición al mercurio elemental utilizado en la extracción de oro sobre la regularidad del ciclo menstrual y la ocurrencia de abortos espontáneos en Colombia. En este sentido, el estudio se realizó con mujeres residentes de distritos mineros de oro, con antecedentes de exposición al mercurio elemental. Se comparó la regularidad menstrual y la ocurrencia de abortos espontáneos entre estas mujeres y un grupo no expuesto. Los resultados evidenciaron un total de 72 mujeres expuestas al mercurio y 121 mujeres no expuestas. El tiempo medio de exposición al mercurio entre las mujeres expuestas fue de  $19,58 \pm 9,53$  años. La prevalencia ajustada de menstruación irregular durante los últimos seis meses fue mayor en el grupo de mujeres expuestas crónicamente a vapores de mercurio (PR = 1,59, IC 95% 0,93-2,73), mientras que no hubo diferencia en la proporción de mujeres con antecedentes de abortos espontáneos.

Los resultados indican, según los autores, que la exposición a mercurio de oro artesanal puede asociarse con una mayor prevalencia de ciclos menstruales irregulares, pero no con la ocurrencia de abortos espontáneos (73).

En una región de Antioquia, Molina et al., desarrollaron una investigación para evaluar la prevalencia de la contaminación por mercurio en la leche materna y los factores asociados a su transferencia a madres lactantes que viven en municipios con extracción de oro a partir de un estudio transversal con 150 mujeres madres lactantes con base en información de factores sociodemográficos, ocupacionales y ambientales relacionados con el mercurio y la obtención de muestras de leche materna, orina y cabello.

Los autores encontraron que el promedio de mercurio en la leche materna fue 2.5 ( $\pm$  desviación estándar: 9.2) mg / L. La prevalencia de contaminación por mercurio en muestras con un alto nivel de mercurio fue del 11,7% sugiriendo que existe contaminación por mercurio en regiones mineras que afecta a las población más vulnerable (74).

En áreas mineras del departamento del Chocó, se realizó una investigación denominada “Dietary human exposure to mercury in two artisanal small-scale gold mining communities of

northwestern Colombia” de Salazar-Camacho et al., que consistió en identificar los niveles actuales de mercurio en la población humana mediante mediciones de mercurio total (THg) y metilmercurio (MeHg) en cabello humano y se relacionó con diferentes variables de interés. Los resultados mostraron que las concentraciones de THg en el cabello humano oscilaron entre 0,06 y 17,54 ppm y el valor medio para los sujetos en estudio fue de 2,48 ppm. Los hombres tenían niveles significativamente más altos que las mujeres (3,29 ppm frente a 0,77 ppm). El consumo de pescado se relacionó con un marcado aumento de THg en el cabello, con valores medios cercanos a cinco veces más altos en los consumidores frecuentes de pescado (5-7 veces por semana) que en los no consumidores de pescado (4,80 ppm frente a 0,90 ppm).

Sugieren los autores que el género, el consumo de pescado y la ubicación de residencia fueron indicadores significativos de los niveles de Hg en el cabello, mientras que no se encontró una relación significativa para la edad (20).

El estudio “Relationship between localization of gold mining areas and hair mercury levels in people from Bolivar, north of Colombia” de Olivero-Verbel et al., buscó evaluar las concentraciones totales de Hg (T-Hg) en individuos a lo largo de los ríos Cauca y Magdalena en Colombia, donde se llevan a cabo la mayoría de las actividades mineras de oro. Las concentraciones de T-Hg variaron de 0,01 a 20,14  $\mu\text{g} / \text{g}$ . Los mayores niveles se detectaron en lugares que se ubican cerca de las minas de oro. Se hallaron relaciones moderadamente débiles pero significativas entre T-Hg y peso ( $R = 0.111$ ,  $P < 0.001$ ), estatura ( $R = 0.111$ ,  $P < 0.001$ ) y edad ( $R = 0.073$ ,  $P = 0.007$ ). Sin embargo, las concentraciones de T-Hg no variaron según la frecuencia de consumo de pescado. La encuesta de salud subjetiva no mostró signos o síntomas relacionados con el Hg en la muestra estudiada (72).

## **2.4 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.4.1 Determinantes de la salud**

Uno de los modelos que ha intentado explicar de manera integral los determinantes, es el modelo de Lalonde, 1974, que ubica los factores condicionantes de la salud en cuatro dimensiones, denominadas campos de la salud: 1) la biología humana (constitución, carga genética, desarrollo

y envejecimiento), 2) los estilos de vida (drogas, sedentarismo, alimentación, estrés, mala utilización de los servicios sanitarios), 3) organización de los sistemas de salud (mala utilización de recursos, sucesos adversos producidos por la asistencia sanitaria, listas de espera excesivas, burocratización de la asistencia) y 4) el ambiente (contaminación física, química, biológica, psicosocial y sociocultural) (75).

Por otra parte la OMS, establece que los determinantes sociales de la salud son “las circunstancias en que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen, incluido el sistema de salud. Esas circunstancias son el resultado de la distribución del dinero, el poder y los recursos a nivel mundial, nacional y local, que depende a su vez de las políticas adoptadas (76). Se constituye en un marco de referencia para la investigación en diferentes áreas de la salud pública y la epidemiología, al convertirse en un instrumento orientado a explicar las inequidades sociales en las condiciones de vida y de salud colectiva y para establecer intervenciones pertinentes, organizándolos en dos grupos:

- Aquellos que son de responsabilidad multisectorial del estado y son los determinantes económicos, sociales y políticos (77).
- Y los de responsabilidad del sector Salud, dentro del accionar del estado en beneficio de la salud de la población, en lo que se refiere a vigilancia y control en unos casos y de promoción y actuación directa en otros. Estos factores determinantes de la salud están asociados a los estilos de vida, los factores ambientales, los factores relacionados con los aspectos genéticos y biológicos de la población y, por último, los relacionados con la atención sanitaria (78).

Su búsqueda se direcciona a establecer elementos de la estructura social que tienen un efecto en los problemas o factores protectores de la salud (79). En este punto es oportuno mencionar que un factor de riesgo es cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión; y un factor protector beneficia o favorece condiciones para el bienestar (52,54,80).

En este sentido, la actividad minera y la contaminación por mercurio se constituyen en factores económicos y ambientales condicionantes del estado de salud colectiva considerando que el primero es una fuente de ingreso económica para la subsistencia y el segundo incrementa la

probabilidad de las personas de sufrir de una enfermedad o lesión que se podrían generar como consecuencia de la exposición de las personas a este agente contaminante, es decir, es un factor de riesgo para la salud pública.

Los factores ambientales repercuten en la aparición de enfermedades infecciosas cuando se relacionan con agentes de tipo biológicos (bacterias, virus, protozoarios, toxinas, hongos, alérgenos) o no infecciosas cuando están asociados a agentes químicos orgánicos e inorgánicos (metales pesados, plaguicidas, fertilizantes, bifenilos policlorados, dioxinas y furanos), físicos no mecánicos (ruido, vibraciones, radiaciones ionizantes y no ionizantes, calor, iluminación, microclima), mecánicos (lesiones intencionales, no intencionales y autoinflingidas), psicosociales (estrés, tabaquismo, alcoholismo, conductas sexuales riesgosas, drogadicción y violencia) bajo condiciones sociales, económicas y conductuales determinadas, dada esta connotación se ratifica que la aparición de enfermedades está condicionada por el uso de agentes químicos como el mercurio cuyo uso está dado por actividades económicas extractivas como la minería (31).

#### **2.4.2 Habitantes de la cuenca del Río Atrato**

La cuenca del río Atrato la componen comunidades étnicas que habitan en los municipios de Acandí, Bajo Atrato, Riosucio, Bojayá, Lloró, Medio Atrato, Quibdó, Río Quito, Unguía, Carmen del Darién (Curvaradó, Domingodó y Bocas), Bagadó, Carmen de Atrato, en Chocó; y Murindó, Vigía del Fuerte y Turbo, en Antioquia. El territorio ha sido ocupado por comunidades afrocolombianas, indígenas, mestizos descendientes de migrantes de distintas regiones en el país. Algunas de las actividades económicas para su sostenimiento la conforman la minería artesanal con métodos ancestrales de extracción de oro y platino, la agricultura para la obtención de maíz, arroz, chontaduro, caña de azúcar, plátano, entre otros, la caza y la pesca. Existen en la zona, diversas organizaciones de base comunitaria como Consejo Comunitario Mayor de la Organización Popular Campesina del Alto Atrato –COCOMOPOCA -, Consejo Comunitario Mayor de la Asociación Campesina Integral del Atrato -COCOMACIA- , Asociación de Consejos Comunitarios del Bajo Atrato -ASCOBA-, etc (27).

### **2.4.3 Contaminantes de minería**

Los residuos de la minería constituyen focos de emisión de contaminantes que pueden contener elementos con potencial toxicidad como los metales pesados. El Hg, As, Cd, Pb, Ni, Cu, Zn y Fe son algunos de los metales comúnmente encontrados en los jales o acumulaciones de residuos sólidos generados durante los procesos mineros (81). De acuerdo a la última actualización de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer-IARC, existen evidencias suficientes que clasifican el cadmio y sus compuestos y los compuestos inorgánicos del arsénico como carcinógenos para el ser humano, y posiblemente carcinógenos al metilmercurio (compuesto orgánico del mercurio) y plomo (82).

### **2.4.4 Estado de salud y exposición a contaminantes**

Los metales pesados tienen muchos efectos adversos para la salud y su exposición está aumentando en muchas partes del mundo, principalmente en Sur América, África y Asia (77). Metales pesados como el arsénico, el cadmio, el cromo, el cobre, el plomo, el níquel y el zinc pueden generar efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente (81). La toxicidad por metales pesados puede afectar el funcionamiento del cerebro, los pulmones, los riñones, el hígado, la composición de la sangre y otros órganos importantes. La exposición a largo plazo puede llevar a procesos degenerativos físicos, musculares y neurológicos en progresión gradual que presentan la misma sintomatología de enfermedades como la esclerosis múltiple, la enfermedad de Parkinson, la enfermedad de Alzheimer y la distrofia muscular. La exposición repetida a largo plazo de algunos metales y sus compuestos puede incluso causar cáncer (82,83).

En el caso del mercurio, los efectos que puede ocasionar este metal en la salud son: a nivel de sistema nervioso alteraciones neurológicas, cardiovascular (84), a nivel de sistema renal (85), respiratorio (86) y cutáneo (87). Por otra parte, el metilmercurio Los efectos que ocasiona en los humanos son sobre: el sistema nervioso (22,88), efectos cardiovasculares, efectos inmunológicos (89). Los niños son más sensibles al mercurio que los adultos. El mercurio en el cuerpo de la madre pasa al feto, en donde puede acumularse. También puede pasar al niño a través de la leche materna (90) .

## **2.4.5 Minería**

La minería, es una de las actividades humanas que tiene grandes impactos ambientales y sobre la salud de las personas, debido a la producción de grandes cantidades de residuos que generan focos de emisión de una serie de contaminantes, entre los que se destacan los metaloides (As) y metales pesados, o EPTs; los cuales se definen como aquellos elementos que tienen una densidad mayor de 5 g/mL. La peligrosidad de los metales pesados es mayor que cualquier otro elemento, debido a que no son degradados o destruidos, así, una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años y aumentar su concentración en los seres vivos en la medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales (alimentos en general) contaminados puede conducir a una intoxicación por estos elementos (91,92) .

En Colombia, la Minería a Pequeña Escala se desarrolla de tres maneras diferentes: la minería aluvial, la minería de veta y la minería de subsistencia. La minería aluvial se realiza mediante dragas y retroexcavadoras que extraen y remueven el material de los lechos de los ríos y de zonas aledañas. La minería de veta se basa en la explotación de venas de cuarzo mineralizadas, las cuales son procesadas en sus propias plantas o en las de terceros llevando el material extraído en el túnel a las plantas para ser triturado y posteriormente molido. Y la minería de subsistencia utiliza pequeñas cacerolas transportables, cohetes y acequias, sin restricciones legales para trabajar en los ríos y aluviales cercanas a otros proyectos mineros de mayor envergadura como sucede en el Departamento de Santander (93).

## **2.5 MARCO CONTEXTUAL**

### **2.5.1 Contexto minero en Antioquia (Cuenca Río Atrato)**

En Colombia, la Minería a Pequeña Escala se desarrolla de tres maneras diferentes: la minería aluvial, la minería de veta y la minería de subsistencia. La minería aluvial se realiza mediante dragas y retroexcavadoras que extraen y remueven el material de los lechos de los ríos y de zonas aledañas. La minería de veta se basa en la explotación de venas de cuarzo mineralizadas, las cuales son procesadas en sus propias plantas o en las de terceros llevando el material extraído

en el túnel a las plantas para ser triturado y posteriormente molido. Y la minería de subsistencia utiliza pequeñas cacerolas transportables, cohetes y acequias, sin restricciones legales para trabajar en los ríos y aluviales cercanas a otros proyectos mineros de mayor envergadura como sucede en el Departamento de Santander (94).

La minería en este departamento es predominantemente de aluvión, la recuperación del mineral se hace principalmente mediante el barequeo y el uso de dragas, y retroexcavadoras.

Básicamente, el Hg es utilizado con telas o placas en los canalones, o la amalgamación de los concentrados que se generan durante el proceso. El uso de este se ve reflejado en las concentraciones encontradas en los suelos y sedimentos, que son muy inferiores a las del departamento de Antioquia, pero son un motivo de preocupación debido a que están contaminando las principales fuentes hídricas del departamento (4,5).

El río Atrato es el más caudaloso de Colombia con (4.900 m<sup>3</sup>/s) y también el tercero más navegable del país, después del río Magdalena y del río Cauca. El Atrato nace al occidente de la cordillera de los Andes, específicamente en el Cerro Plateado a 3.900 metros sobre el nivel del mar y desemboca en el golfo de Urabá, en el mar Caribe.

Su extensión es de 750 kilómetros, de los cuales 500 son navegables. La parte más ancha del río tiene una longitud de 500 metros y en cuanto a la parte más profunda se estima cercana a los 40 metros. Recibe más de 150 ríos y 3000 quebradas.

Con una superficie aproximada de 38 500 km<sup>2</sup>, la cuenca del Atrato se encuentra limitada por la cordillera Occidental, la serranía de Baudó y las prominencias del Istmo de San Pablo.

La cuenca hidrográfica del Río Atrato la integran comunidades étnicas que habitan en los municipios de Acandí, Bajo Atrato, Riosucio, Bojayá, Lloró, Medio Atrato, Quibdó, Río Quito, Unguía, Carmen del Darién (Curvaradó, Domingodó y Bocas), Bagadó, Carmen de Atrato, en Chocó; y Murindó, Vigía del Fuerte y Turbo, en Antioquia.

El municipio de Turbo posee una extensión de 3743 Km<sup>2</sup>, es uno de los cuatro municipios ubicados sobre la costa caribe colombiana, en conjunto con Arboletes, San Juan de Urabá y Necoclí. En el municipio el suelo se caracteriza porque el 0,27% pertenece a suelo urbano, el

0,13% a suelo de expansión urbana y el 99,6% a suelo rural. Presenta una altura de 2 msnm con una temperatura de 28°C (95).

Posee un clima caliente húmedo, también en su territorio hay bosques húmedos premontano y bosque muy húmedo tropical, aunque en la actualidad grandes extensiones de terreno han sido adaptadas para la agricultura comercial y la ganadería extensiva. Su temperatura fluctúa entre 22°C y 40°C, la temperatura promedio es de 28°C (96).

En cuanto a la accesibilidad geográfica las vías de transporte de este distrito son muy ricas ya que se puede trasladar por vía Aérea, Terrestre, Marítima y Fluvial. Las vías de acceso a la zona rural en algunas partes son malas y hay que disponer de caballo o burro para ingresar (97).

### **2.5.2 Condiciones demográficas**

El reporte de la población censada en el municipio de Turbo arrojó que para el 2018 presentaba un total de 124.552 personas, de las cuales en la cabecera municipal se localizaban 48.787 personas y en el centro poblado y rural disperso 75.765 personas. Del total de la población, se reportó que el 48,3% eran hombres y el 51,7% mujeres.

La estructura demográfica del distrito de Turbo, corresponde a una pirámide poblacional progresiva con mayor presencia de población infantil y joven, aunque se observa notoria reducción de la población de 0 a 19 años en el 2018 con respecto al año 2005 y se espera desaceleración para el 2020, debido al impacto de los programas de promoción de la salud y prevención de la enfermedad, específicamente planificación familiar con el control de la natalidad, se estima también que la reducción de las tasas de analfabetismo distrital, favorecen al diseño de proyectos de vida donde la maternidad y paternidad son postergadas y definidas de manera responsable (96).

Así mismo, la razón hombre/mujer indica que en el año 2005 por cada 103 hombres, había 100 mujeres, mientras que para el año 2018 por cada 102 hombres, había 100 mujeres. El índice de vejez, muestra que en el año 2005 de 100 personas, 5 correspondían a población de 65 años y más, mientras que para el año 2018 este grupo poblacional fue de 6 personas. El índice demográfico de dependencia evidencia que en el año 2005 de 100 personas entre los 15 a 64

años, había 77 personas menores de 15 años o de 65 años y más (dependientes), mientras que para el año 2018 este grupo poblacional fue de 62 personas.(97)

En el distrito de Turbo se ha observado una disminución en el número de nacimientos observables durante un periodo de 10 años, pasando de tener 3031 recién nacidos durante el año 2009 a 2865 en el año 2018, por consiguiente la tasa de natalidad en el periodo comprendido entre los años 2005 y 2016, ha presentado variaciones que van desde 28,8 a 15,4 nacimientos por cada mil habitantes, lo que explica su distribución poblacional, con una tasa de crecimiento natural positiva(96).

Para el periodo comprendido entre 2009 y 2018 el 70% de los nacimientos se dieron a través de parto espontáneo. El 98% de los casos se trató de embarazos simples para todos los periodos estudiados. El 81% de las gestaciones llegaron a término entre la semana 37 a 41 y el 71% de las embarazadas asistieron de 4 a 10 consultas prenatales. Del total de los nacimientos el 98% residían en el área urbana. El peso promedio de los recién nacidos osciló entre los 2.500 – 3.999 gramos, en su mayoría de sexo masculino (51%). La tasa general de fecundidad para el año 2017 corresponde a 65,1 nacimientos por cada 1000 mujeres en edad fértil (15 – 49 años) (96).

### **2.5.3 Condiciones Servicios básicos**

Dentro de estos determinantes sociales se destaca para Turbo en lo relacionado con las condiciones de vida y saneamiento básico ambiental, que cuenta con una cobertura de alcantarillado para el año 2014 el distrito reportó una cobertura en alcantarillado del 11,21%, para la cabecera de 49% y para el área rural de 22% y para el año 2018 la cobertura en el distrito fue de 34%. La cobertura del sistema de acueducto para el año 2015, el distrito reporta una cobertura total de 56% en el servicio de acueducto; en la zona urbana la cobertura es de 66% y en la zona rural 49% y para el año 2018 la cobertura en el distrito fue de 68% (80).

El índice de riesgo de calidad del agua (IRCA), sin clasificar por área, se mantuvo sin riesgo desde el año 2016 al 2018 con índices de 1,042, 0,709 y 1,788 respectivamente, para los años 2009 a 2014 no se registró dato en la zona rural, mientras que en la zona urbana, no se reportaron datos en los años 2016 y 2017. La zona urbana desde el año 2009 hasta el 2018 se mantuvo sin riesgo, exceptuando los años 2013, 2014 y 2015 que presentaron un riesgo bajo. Para la zona rural, se mantuvo sin riesgo en los años 2015 a 2018 (80).

Otra condición que puede afectar la salud de las personas son las condiciones de trabajo debido a que pueden influir en sus costumbres, formas de vida y por lo tanto en su riesgo a enfermar, en Turbo para el año 2018 solo 7.831 personas trabajaban del total de habitantes del distrito según lo reportado en las bases de datos a nivel nacional, aunque se nota un incremento del número de trabajadores en comparación con el año 2015, el número de accidentes laborales también ha ido en aumento de 647 en 2015 a 1.062 durante el año 2018 y se reportan 33 enfermedades laborales diagnosticadas desde el año 2012 a 2018 (80).

Para la atención de todos estos eventos en salud derivados de las condiciones propias de los individuos y del medio en el que se desarrollan, el distrito de Turbo cuenta con 42 instituciones prestadoras de servicios de naturaleza pública, reportadas en el año 2018 (80).

## **2.6 MARCO NORMATIVO**

El marco legal tiene la finalidad de establecer puntualmente la competencia y obligaciones que corresponden en el ejercicio de la actividad económica de la minería desde el enfoque ambiental y en salud. Los diferentes aspectos incluidos en el marco legal comprenden un bosquejo normativo que permite orientar los procedimientos, restricciones y limitaciones importantes en el marco del desarrollo de esta actividad económica.

En el marco de la investigación y de los principios del derecho ambiental relacionados con la prevención, cautela y corrección, Colombia se adhiere a algunos acuerdos y tratado internacionales en materia ambiental y de salud, como lo son:

- Declaración de Estocolmo en 1972: en relación al principio de “...los Estados deberían adoptar un enfoque integrado y coordinado de planificación de su desarrollo, de modo que quede asegurada la compatibilidad del desarrollo con la necesidad de proteger y mejorar el medio ambiente humano en beneficio de su población.”
- La carta de Ottawa sobre La Promoción de la Salud en 1986. En esta se consideran aspectos ecológicos y del ambiente natural y la necesidad de tener un enfoque más integral para la

promoción de la salud. Una de las metas que resalta es la de salud para todos en el 2000, como problemas no resueltos que hacen parte de la idea de desarrollo de los pueblos.

- Informe Brundtland en 1987. Se empieza a hablar del impacto del hombre sobre los componentes ambientales y de los cambios ambientales y su influencia sobre el bienestar y salud de las poblaciones. Se conceptualiza el desarrollo sostenible por parte de la Comisión de Ambiente y Desarrollo Sostenible, como aquel que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones.
- La cumbre de Río de Janeiro en 1992 produce dos documentos sobre salud humana y desarrollo sostenible. El primero es la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y la segunda es Agenda 21. En el primero, se hace hincapié de derecho de los seres humanos a gozar de una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza; así mismo, del derecho de los estados como naciones soberanas a aprovechar sus recursos naturales, pero al mismo tiempo a conservarlos. Busca erradicar la pobreza y eliminar patrones de consumo que van en detrimento de ambientes sostenibles y hace un llamado a la participación de los grupos de indígenas, mujeres y jóvenes. La Agenda 21 por su parte, reconoce la urgencia de abordar las necesidades básicas de salud de las personas y postula que para poder satisfacerlas se debe prestar más atención y esfuerzo a los vínculos entre la salud y el mejoramiento de ambientes físicos y socio-económicos.
- Carta de la transdisciplinariedad (Convento de Arrábida 1994) los problemas globales y el conocimiento se ven como el resultado de una visión holística e integradora desde diferentes enfoques bajo el respeto y la tolerancia permitiendo la articulación de diferentes perspectivas y la cooperación entre distintos actores. (98)
- El convenio de Minamata de 2013 y ratificado por el Gobierno Nacional de Colombia en el 2019 que tiene como objetivo “proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio” el cual busca un país libre de mercurio, un tratado global que le permitirá al país fortalecer las acciones para reducir, controlar y eliminar el uso, suministro y comercio de esta sustancia, así como de ciertos productos y procesos que lo contienen (99).

Por otra parte, la sentencia emitida por la Honorable Corte Constitucional T-622 de 2016 declaró la grave vulneración de los derechos fundamentales a la vida, a la salud, al medio ambiente, al agua como fuente hídrica, a la seguridad alimentaria, al territorio y a la cultura de las comunidades étnicas demandantes por conducta omisiva al no realizar acciones efectivas para detener el desarrollo de actividades mineras ilegales, que han generado la configuración de grave crisis humanitaria y ambiental en la cuenca del río Atrato (Chocó), sus afluentes y territorios aledaños, una de las cuales es la del municipio de Turbo en el departamento de Antioquia.

En atención a la problemática, se dictamina la protección de estos derechos, declarando al Río Atrato como sujeto de derechos y se ordena al Gobierno Nacional la adopción de diversas medidas que permitan su protección, conservación, mantenimiento y restauración, así como la protección de los derechos a la vida, a la salud, al territorio, a la seguridad alimentaria y a la cultura de las comunidades que habitan en la cuenca del mismo (27).

De tal manera que, el estudio de la incidencia de las condiciones ambientales producto de la minería de oro en la salud de las comunidades da respuesta al requerimiento de la Corte Constitucional y coadyuva a proponer medidas que favorezcan y promuevan la salud ambiental en el territorio.

El Plan Decenal de Salud Pública 2011-2021 en la dimensión de hábitat saludable tiene como meta a 2017 priorizar las entidades territoriales según problemáticas de salud ambiental relacionadas con sustancias químicas, minería, exposición a mercurio y otros procesos, y el seguimiento a su implementación, con el propósito de una atención integral de los determinantes ambientales de la salud (36) y la agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (100).

A continuación se señalan las normas de carácter general y específico:

<b>NORMA</b>	<b>EXPEDIDA POR</b>	<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>APLICACIÓN</b>
Constitución Política de Colombia de 1991 (101)	Presidencia de la República	Ambiente sano	Establece los derechos humanos individuales y colectivos (ambiente sano Art. 79)
Ley 23 de 1973 (102)	Congreso de la República	Recursos naturales renovables	Busca la prevención y control de la contaminación del medio ambiente. Así como, el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional.
Decreto ley 2811 de 1974 (103)	Presidencia de la República	Agua, suelo, atmósfera, flora, fauna, recurso geotérmico, recursos biológicos, paisaje, residuos, etc.	Determina que el ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.
Ley 9 de 1979 (104)	Ministerio de Salud y de la Protección Social	Usos del agua, residuos líquidos, residuos sólidos, disposición de excretas, emisiones atmosféricas, aguas superficiales, aguas subterráneas, salud ocupacional	Se dictan medidas sanitarias para asegurar la protección del medio ambiente, el bienestar y la salud humana
Ley 99 de 1993 (105)	Congreso de la República	Biodiversidad, recursos hídricos, paisaje, instituciones del SINA, etc	Creación del Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones
Ley 1252 de 2008 (106)	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	importación y exportación de residuos peligrosos en el territorio nacional	Se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones
Decreto 1299 de 2008 (107)	Ministerio de Ambiente, Vivienda	Gestión ambiental	Reglamenta el Departamento de Gestión Ambiental de las empresas a nivel industrial,

	y Desarrollo Territorial		
Ley 1658 de 2013 (108)	Congreso de la República de Colombia	Gestión	A efectos de proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, reglamente en todo el territorio nacional el uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, cualquiera que ellas sean”
Decreto 1076 de 2015 (109)	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible	Gestión ambiental	Formulación de política nacional ambiental, dirección del Sistema Nacional Ambiental (SINA) para asegurar la adopción y ejecución las políticas, planes, programas y proyectos de los recursos naturales renovables
<b>RESIDUOS SÓLIDOS</b>			
Resolución 2400 de 1979 (110)	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Infraestructura, herramientas de trabajo, maquinaria, infraestructura hidrosanitaria, etc.	Busca garantizar condiciones de higiene y seguridad en establecimientos de trabajo con el fin de mantener una salud física y mental, prevenir accidentes y enfermedades profesionales
Resolución 541 de 1994 (111)	Ministerio del Medio Ambiente	Disposición de escombros, materiales de construcción	Regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación
Decreto 321 de 1999 (112)	Ministerio del Interior	Manejo y disposición de sustancias nocivas e hidrocarburos	Busca establecer un instrumento rector del diseño y realización de actividades dirigidas a prevenir, mitigar y corregir los daños ante los efectos provenientes de derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas
Decreto 4741 de 2005 (113)	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Disposición de Residuos peligrosos	Reglamenta la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos para su gestión integral
Resolución 1402 de 2006 (114)	Ministerio de	Disposición de	Desarrolla parcialmente el decreto 4741 de 2005 en

	Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Residuos peligrosos	lo relacionado a los residuos y/o desechos peligrosos
Resolución 1362 de 2007(115)	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Disposición de Residuos peligrosos	Establece el procedimiento para el registro de generadores de residuos peligrosos
Decreto 351 de 2014 (116)	Presidencia de la República	Generación de residuos	Reglamentar ambiental y sanitariamente la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades.
Resolución 754 de 2014 (117)	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Generación de residuos	Adopción de la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos
<b>RUIDO, OLORES</b>			
Resolución 1541 de 2013 (118)	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Generación de olores ofensivos	Establece los niveles permisibles de calidad de aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos

## **2.7 MARCO TERRITORIAL Y POBLACIONAL**

En el periodo comprendido entre 2009 y 2018 en el distrito de Turbo se registraron en total 5963 defunciones con un promedio de 596 muertes al año, las cuales se presentaron en su mayoría en la cabecera municipal, siendo estas más frecuentes en el hospital (59%), pertenecientes al régimen subsidiado (66%) y por causas naturales (71%) (119).

La tasa de mortalidad ajustada para el periodo evaluado oscila entre 3,460 y 3,290 por 100.000 habitantes, estableciéndose la más baja para el año 2014 y la más alta en el 2009. De la mortalidad por grupos de grandes causas, las Enfermedades sistema circulatorio ocupan el primer lugar 35% del total de defunciones, seguido por las causas externas y las demás causas con el 22% y 18% respectivamente (119).

En el distrito de Turbo para la población general en el periodo comprendido entre los años 2009 y 2018 para la gran causa de neoplasias, la principal subcausa de mortalidad correspondió a Tumor maligno del cuerpo del útero, con su tasa más representativa de 53,744 por 100.000 habitantes, registrada en el año 2016; la segunda subcausa la aportó el tumor maligno de la mama de la mujer, con su tasa más representativa de 25,843 por 100.000 habitantes, reportada en el año 2010; y en tercer lugar se ubicó la subcausa de tumor maligno de los órganos digestivos y del peritoneo, excepto estómago y colon con una de 19,323 por 100.000 habitantes evidenciada en el año 2014 (119).

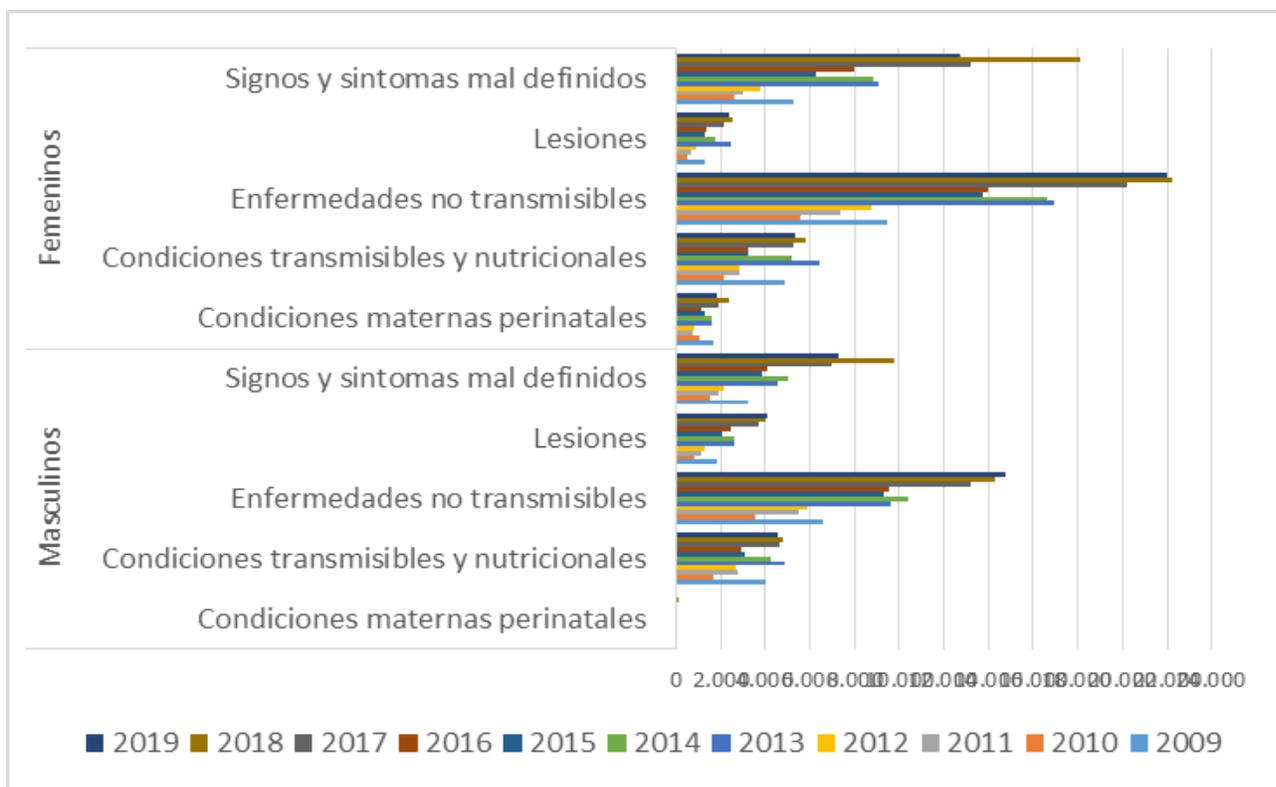
Los grupos de edades que más aportaron casos a la mortalidad del distrito fueron las personas de 75 a 79 años para todos los años analizados, excepto el año 2009, seguido del grupo de edad entre 0 a antes de 1 año, ocho de estas atribuidas a Malformaciones Congénitas, mientras que el grupo de edad de 80 años o más, solo presentó una muerte en el periodo de observación (2009-2018) (119).

En cuanto a la morbilidad atendida por ciclo vital para el distrito de Turbo el grupo de la adultez de los 29 a 59 años registró el mayor número de atenciones en todos los años analizados con una totalidad de 144.212 atenciones (38%), observándose el mayor número de durante el año 2018

con 23.862, seguido por la Juventud (18 a 28 años) con 12.533 atenciones (20%) y la Primera Infancia (0 a 5 años) con 7.769 atenciones (12%) para el mismo año. Considerando la dinámica del número de atenciones según el tiempo, se observa una fluctuación de aumento y disminución de estas a través de los años para todos los grupos etarios (119).

De igual forma se evidencia que el 69% de la población fue atendida en el área urbana. Respecto a la morbilidad atendida por sexo, las mujeres presentan un número más alto de atenciones 328.199 (60%) respecto a los hombres 220.670 (40%) para el acumulado del 2009 – 2019 y las enfermedades no transmisibles son las morbilidades más atendidas tanto para hombres como para mujeres (Figura 1). Dentro de este grupo de no transmisibles, las Enfermedades de la piel registran el número de atenciones más elevado. 17.039 atenciones durante todo el periodo de observación (119).

Figura 2 Morbilidad atendida por sexo. Distrito de Turbo 2009-2019



Fuente: Cubo. RIPS. 2009 – 2019

El año con mayor número de casos de morbilidad por grupo de edad reportados fue el 2018 (57.015 casos). El grupo de edad con mayor número de casos reportados en el periodo

acumulado de 2009 a 2019 fue de 01 a 04 años (44.622 casos), seguido del grupo de 25 a 29 años (35.766 casos) y del grupo 05 a 09 años (34.188 casos).

En el año 2018 las enfermedades de alto costo registraron una tasa de 2,340 por cada 100.000 habitantes de enfermedad renal crónica fase cinco. Para el año 2018, se reportaron 96.880 personas con hipertensión arterial. La tasa de incidencia de leucemia aguda pediátrica mieloide en el año 2010 fue de 1,750 por cada 100.000 habitantes, para los otros años no se reportan casos. Mientras que tasa de Incidencia de leucemia aguda pediátrica linfoide presentó una tasa de incidencia de 5,060 por cada 100.000 habitantes en el año 2015, seguido del año 2013 (3,460 por cada 100.000 habitantes) y 2017 (1,630 por cada 100.000 habitantes) (119).

En lo relacionado con los eventos de notificación obligatoria, se observaron 109 casos en el periodo estudiado para intoxicaciones por plaguicidas, 46 para intoxicación por otras sustancias químicas y 29 para anomalías congénitas; para el año 2018 no se observa notificación de los eventos anteriormente mencionados (119).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 TIPO DE ESTUDIO

Estudio descriptivo, transversal con enfoque cuantitativo, probabilístico con representatividad de los habitantes del municipio de Turbo que hacen parte de la cuenca del río Atrato (120).

#### 3.2 ESCENARIO DEL ESTUDIO

El escenario del estudio es el municipio de Turbo en el departamento de Antioquia, los hogares asentados sobre la cuenca del Río Atrato. Se estimaron niveles de mercurio en matriz biológica cabello midiendo además la presencia de este metal en muestras ambientales.

#### 3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

**3.3.1 Población:** El municipio de Turbo tiene una población total de 124.552 habitantes según el Censo de DANE realizado en el año 2018 (**121**). El estudio se realizó en hogares unifamiliares y sus integrantes con desagregación por grupos de edad, describiendo condiciones sociodemográficas y ambientales.

**3.3.2 Muestra:** se seleccionaron los hogares unifamiliares del municipio de Turbo de manera probabilística polietápica por conglomerados y estratificada (hombres y mujeres de zona urbana y rural), considerando la información cartográfica del municipio. Se seleccionaron grupos de manzanas en los cuales se toman segmentos de 12 viviendas contiguas.

1. Unidad Primaria de Muestreo (UPM): Municipio de Turbo (inclusión forzosa y probabilística)
2. Unidad Secundaria de Muestreo (USM): Grupo de manzanas (apoyado en información cartográfica). Se trabajó con los conglomerados por viviendas. Segmento de 12 viviendas contiguas.

En total se seleccionan 171 hogares (personas=326), acorde a la fórmula:

#### Ecuación 1 Tamaño de la muestra

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N =Tamaño del universo o población.

P =Proporción observada o fenómeno a medir.

q = 1 – p

d = es el error máximo permisible de muestreo.

Z = el área bajo la curva normal que corresponde al nivel de confianza deseado.

### 3.4 UNIDAD DE ANALISIS

Las personas que habitan en la cuenca del río Atrato (municipio de Turbo, Antioquia) y los resultados de mercurio obtenidos en cabello.

### 3.5 RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN

**3.5.1 Métodos de recolección de datos.** Para la recolección de la información se utilizaron métodos de medición de variables biológicas y el cuestionario aplicado para la caracterización de los hogares y las encuestas en las personas.

**3.5.1.1 Cuestionario estructurado tipo encuesta.** Con el fin de describir las condiciones sociales y demográficas se colectó la información mediante un cuestionario; para el presente estudio se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Sociales y demográficas: edad, sexo, ubicación geográfica, tiempo de residencia. A las mujeres lactantes se incluirán variables como semanas de gestación, peso al nacer, altura, sexo, número de hijos, enfermedades en cada uno de ellos.

- Hábitos alimenticios: consumo de agua y pescado (especie y frecuencia).

\*Clínicas: Signos y síntomas compatibles con intoxicación por metales. (Anexo A)

**3.5.1.2 Valoración de variables biológicas:** Biomarcador de exposición en cabello. Las muestras de cabello se obtuvieron del área occipital de la cabeza e incluyeron por lo menos 20 hilos de cabello con una longitud promedio de 1,0 cm (aproximadamente 10 mg en total) cortado con tijeras a la raíz del cabello. Se debió sujetar la muestra con una cinta adhesiva de tal forma que se pudiera identificar la parte de la raíz del cabello y colocar la muestra en bolsas de polietileno almacenándolas a temperatura ambiente. En caso de no tener cabello, no se obtuvieron resultado de esta matriz. (Anexo B)

Se estimaron niveles de mercurio en matriz biológica cabello, midiendo además la presencia de este metal en muestras ambientales (agua de consumo y pescado). (Anexo C)

**3.5.2 Fuentes de información.** Se utilizaron las siguientes fuentes de información:

**Secundaria:** A partir de la revisión de las bases de datos del proyecto “Evaluación del grado de contaminación por mercurio y otras sustancias tóxicas, y su afectación en la salud humana en las poblaciones de la cuenca del río Atrato, como consecuencia de las actividades de minería”, Información cartográfica del área de estudio, base de datos del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública –SIVIGILA-, Sistema Integrado de Información de la Protección Social –SISPRO-.

## **3.6 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN**

El análisis se realizó con el software SPSS vr. 24, Excel 2016. Se implementaron métodos y mecanismos de control diseñados para garantizar la calidad de la información en todas las etapas de la investigación (revisión, depuración, procesamiento y análisis de la información para los resultados). Para este fin se diseñaron indicadores tales como: % error de diligenciamiento, % error de crítica y codificación. Se describió la metodología de validación de los campos para las variables.

Se aplicaron metodologías estadísticas descriptivas como tablas de distribución de frecuencias y estadísticas descriptivas a nivel departamental para describir las características generales de la muestra evaluada.

Se utilizó estadística bivariada aplicando tablas de contingencia como prueba de independencia chi cuadrado al 5%, para medir la relación entre los niveles de Hg y las características evaluadas en la encuesta.

Para evaluar la relación entre las condiciones sociales, ambientales y sanitarias y los resultados del monitoreo biológico por la exposición al metal, se utilizó un modelo de regresión logística múltiple, estimándose el riesgo relativo "odds ratio" (OR) con intervalos de confianza (IC95%). Los estimadores se ajustaron por potenciales variables de interacción o confusión mediante razones de verosimilitud (edad, sexo), usando la prueba de chi cuadrado. Para el análisis múltiple se tuvieron en cuenta solo los factores que en el análisis bivariado presentaron valores de significancia  $p < 0,05$ .

### **3.7 ASPECTOS ETICOS**

Se tuvo en cuenta los aspectos relacionados en la Declaración de Helsinki y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud que establece las normas académicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, en el Título II Capítulo I, Artículo 11 sobre los aspectos éticos de la investigación en seres humanos, se clasifica esta investigación como de riesgo mínimo. De igual forma, este estudio no requirió consulta previa con las comunidades indígenas ni negras, por ser ellos mismos quienes solicitaron la realización de este estudio ante la Corte Suprema de Justicia (122). (Anexo D)

Se les solicitó su consentimiento informado a cada uno de los participantes adultos y a los representantes legales de los participantes menores de edad a quienes se les expondrá el objetivo, los alcances y métodos del estudio; el consentimiento informado se firmó antes de contestar las preguntas del formulario y en particular para la toma de muestras biológicas, asegurándoles la total confidencialidad del estudio, de sus resultados y de su información general; los niños con

edad superior a los 6 años deberán dar su propio asentimiento informado tras obtener el consentimiento de sus padres o cuidadores. (Anexos E y F)

Antes de iniciar la recolección de la información y de las muestras, se informó a los individuos los objetivos y el tipo de estudio que se llevará a cabo, su importancia y beneficios que les traerá el participar.

Asimismo, se les aclaró que se pueden retirar del estudio cuando lo estimen conveniente y se les resolvieron las dudas con relación al proyecto de investigación en caso de que se presenten. Se informó que la participación es completamente libre, voluntaria, gratuita y que no le generará problemas en su relación familiar, laboral ni en su atención en salud. Si alguna persona decide no participar, se explicará que esto no afectará la atención que recibe en las entidades de salud, ni perderá ninguno de los beneficios que le corresponde por Ley. Toda la información del estudio será guardada y manejada en forma confidencial y anónima, de manera que solamente el personal a cargo del estudio y el Comité de Ética que lo supervisará, podrá tener acceso a sus datos personales.

En cuanto a la toma de las muestras ambientales, éstas no causarán daño al medio ambiente, puesto que es número reducido de especímenes a recolectar.

#### 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

##### 4.1 CONDICIONES DEMOGRÁFICAS Y AMBIENTALES EN LOS DIFERENTES GRUPOS POBLACIONALES DE LA CUENCA DEL RÍO ATRATO LOCALIZADAS EN EL MUNICIPIO DE TURBO

Se estudiaron 326 personas en el municipio de Turbo; se observó una distribución por sexo de 48,8% para los hombres, siendo por poca proporción, mayor el número de mujeres en el municipio; con un índice de feminidad de 1,06:1. De este total, el mayor número de personas se encuentra en el grupo entre 15 y 44 años (35,3%), seguido en proporciones similares por los menores entre 5 y 14 años y los mayores de 45 años (23,1% y 25,1% respectivamente); seis de cada 100 personas que habitan en el municipio de Turbo, son menores de cuatro años (16,5%)

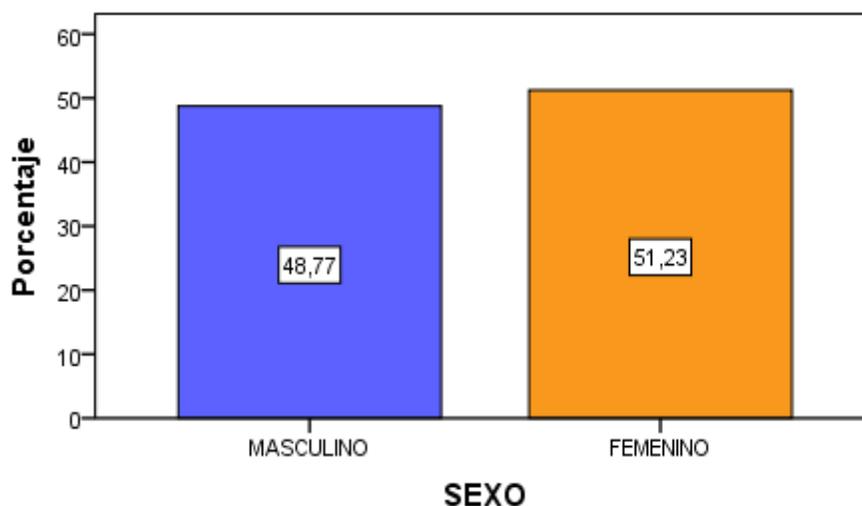
**Tabla 4 y figura 1.**

**Tabla 3 Distribución por grupo de edad en Turbo, 2019**

<b>Grupo de edad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
0-4 años	57	17,5
5-14 años	79	24,2
15-44 años	111	34,0
> 45 años	79	24,2
<b>Total</b>	<b>326</b>	<b>100</b>

Fuente: Construcción a partir de los resultados

**Figura 3** Distribución por sexo de las personas estudiadas en Turbo, 2019



**Fuente:** Construcción a partir de los resultado.

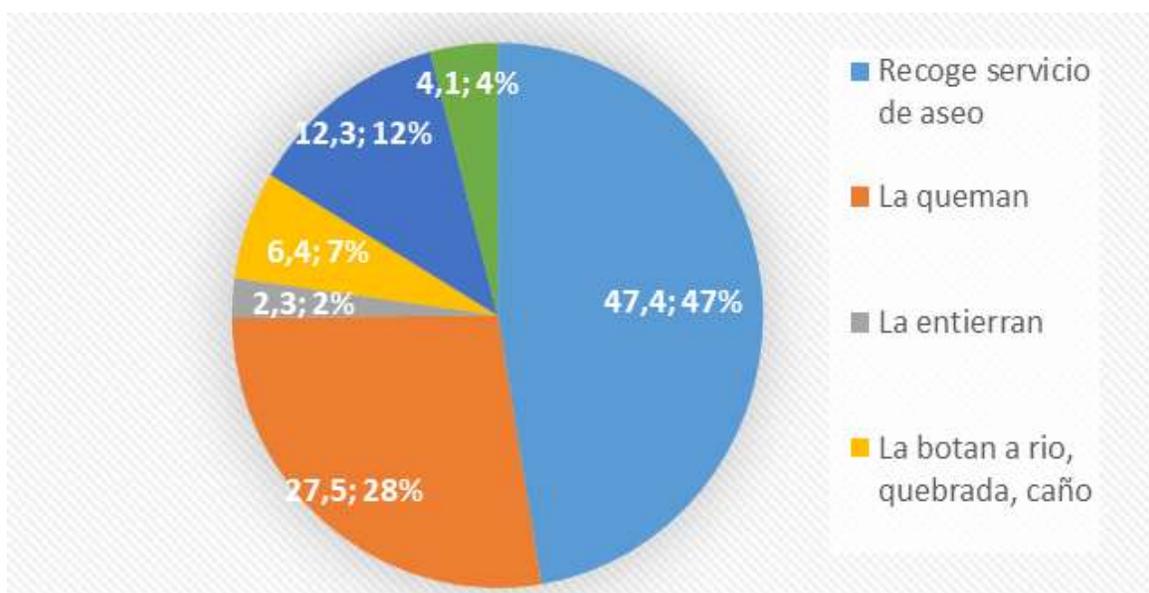
En relación al área de residencia y estrato socioeconómico, se observó que siete de cada diez personas estudiadas, provienen del área rural del municipio (70,7%), seguido de una proporción inferior al 20% de las personas que residen en el área urbana de Turbo; un porcentaje pequeño (11,1%) dijo vivir en algún centro poblado de la región. El estrato predominante en el municipio, según los respondientes, es el uno con un 70,8%, seguido del dos con un 19,3%; uno de cada cien hogares del municipio pertenece al estrato tres y el 8,8% de los jefes de hogar o quienes respondieron, dijeron no saber en cual estrato se clasifica su residencia.

Por otra parte, respecto a las condiciones ambientales de los hogares del municipio, se observó que dos terceras partes de los hogares del municipio no tiene necesidad de salir de su hogar para conseguir el agua de uso común, el porcentaje restante, debe desplazarse en un promedio 1,7 horas (+/-0,55) horas y otras personas en promedio 10,2 minutos (+/-3,5) minutos de sus hogares para conseguirla. Respecto al agua de consumo, el 44,3% utiliza el agua lluvia para su consumo, seguido de una cuarta parte (27,5%) que utiliza para su consumo el agua embotellada o en bolsa, apenas uno de cada siete hogares (14,6%), cuenta acueducto público de donde extrae el agua para su consumo, en proporciones más pequeñas, los hogares cuentan con acueducto comunal, pozo sin bomba o jaguey como fuente de agua para su consumo.

Se halló que la mayoría de los hogares no le realizan ningún tratamiento al agua para su consumo (69%), el 14,6% de los hogares dijeron hervir el agua, el 7% dijo utilizar el cloro como método para purificar el agua de consumo y la proporción restante (10%) utiliza otros métodos como filtros o pastillas.

El manejo de las basuras en el municipio se encuentra distribuido en proporciones muy desiguales, observándose que alrededor del 50% de los hogares cuenta con servicio de recolección de basuras, una cuarta parte de ellos la queman, el 12,3% botan la basura al patio, lote o zanja, el porcentaje restante (12,7%) la entierra o la bota en una quebrada, río o caño (Ver Figura 2).

**Figura 4** Distribución del modo para la eliminación de las basuras en Turbo, 2019.



**Fuente:** Construcción a partir de los resultados

#### 4.1.1 Hábitos de consumo en la población estudiada

Al considerar los hábitos de consumo de las personas encuestadas, se observó en los menores de cuatro años una proporción importante de consumo de pescado, superando tres cuartas partes (73,7%), observándose mayor frecuencia de consumo en los menores hombres (57,1%) y a partir del primer año de vida. El pescado mayor mente consumido es el bocachico (18,9%), seguido del Quicharo (8,7%), la tilapia (6,5%) y la doncella (6,3%); el 61,5% de las madres de los menores manifestaron haberle dado entre 1 y 2 veces durante la última semana algún tipo de pescado al

menor, el 20,4% entre 3 y 4 días, el 6,0% entre 5 y 6 días por semana, el 5,7% manifestó darle todos los días de la semana pescado al menor, casi cuatro de cada cien menores come pescado cada quince días y solo el 1,8% del respondiente manifestó darle al menor pescado una vez al mes.

En cuanto a los alimentos consumidos, se halló casi una tercera parte (30,6%) de los menores consumen verduras y legumbres con mayor frecuencia, entre los que se encuentra el plátano, la yuca, la zanahoria y el guineo, con una frecuencia del 48,1% de entre 1 y 2 veces por semana, seguido del 28,7% que consumen este tipo de alimentos todos los días de la semana.

El otro tipo de alimento más consumido son los de origen animal (21,6%), como la carne de cerdo, res, aves, y enlatados como el atún y la sardina, con una frecuencia entre 1 y 2 días semanales del 65,1%, seguido de una cuarta parte (24,1%) en las que sus respondientes dijeron darle entre 3 y 4 días por semana algún tipo de carne al menor. Uno de cada siete menores de cuatro años, consume arroz con regularidad (16,7%), con una frecuencia diaria de consumo. Otros alimentos como el huevo, los quesos y otros lácteos, también hacen presencia en la dieta de los menores, pero en más baja proporción y frecuencia.

Para las personas entre 5 y 14 años se observó, que la mayoría consume pescado (92,4%), siendo principalmente consumido por los hombres (60,3%); el pescado de mayor consumo en este grupo etario es el bocachico con un 28,4% seguido de la cachama con el 16,4%, otros pescados consumidos son el quicharo (9,8%), róbalo (8,2%), tilapia (7,7%) y mojarra (6,6%). En cuanto la frecuencia de consumo, se observó en dos terceras partes de los jóvenes (63,9%) un consumo entre 1 y 2 veces por semana de algún tipo de pescado, uno de cada siete jóvenes, lo hace entre 3 y 4 veces; el 9,3% consume pescado al menos cada quince días y en menor proporción se consume pescado entre 5 y 7 días por semana.

Con referencia a los alimentos mayormente consumidos, se observó en este grupo etario, mayor consumo de proteína de origen animal, tales como carne de res, cerdo, aves, pollo, sardinas o atún (26,0%), seguido del consumo de verduras y legumbres (21,1%) como el plátano, maíz, yuca y zanahoria; uno de cada siete menores entre 5 y 14 años consume arroz con cierta regularidad; en menor proporción se come el huevo (9,5%), las pastas y otros cereales (4,9%), y los frijoles (5,1%), los quesos y lácteos (6,0%) también están presentes en la dieta de los menores y la papa es consumida en 3,2%. La frecuencia de consumo, es similar con los menores

de cuatro años, al observarse una frecuencia para la proteína animal entre 1 y 2 veces por semana superior al 70%, con proporciones similares en la frecuencia para el consumo de pastas y frijoles.

Por último, en lo que tiene que ver con el grupo de personas mayores de quince años y sus hábitos de consumo, se observó un porcentaje similar de consumo con los grupos de edad anteriormente citados, en donde casi la totalidad de ellos (97,9%) manifestó consumir algún tipo de pescado, ubicando mayor consumo en el sexo femenino (58,6%); los pescados más consumidos son bocachico (30,6%), cachama y robalo con la misma proporción cada uno (10,4%), quicharo (8,2%), tilapia (5,5%) y mojarra (5,1%), otros pescados como bagre, barbudo y sábalo, también son consumidos pero en menor proporción. En cuanto a la frecuencia de consumo, el bocachico es consumido por una tercera parte (31,2%) entre una y dos veces por semana, una proporción menor (25,4%), lo hace entre 3 y 4 veces y el porcentaje restante lo hace entre 5 y 7 veces a la semana.

En cuanto a los alimentos consumidos, se halló que el alimento más consumido es la que proviene de la proteína animal como carne de res, cerdo, sardinas, atún, camarones, etc. (27,9%), seguido del consumo de frutas y verduras (22,9%), especialmente el arroz (13,7%), seguido del plátano (11,3%), la carne de res (10,3%) el huevo (8,9%) y el queso (4,9%); en cuanto a la frecuencia de consumo, se observó que los adultos consumen proteína animal con mayor frecuencia entre 1 y 2 veces por semana (43,2%), seguido de 28,4% que dijo hacerlo entre 3 y 4 veces en la semana; el tipo de alimento con mayor frecuencia de consumo son las frutas y verduras, dos terceras partes de los encuestados dijo hacerlo entre 5 y 7 veces por semana.

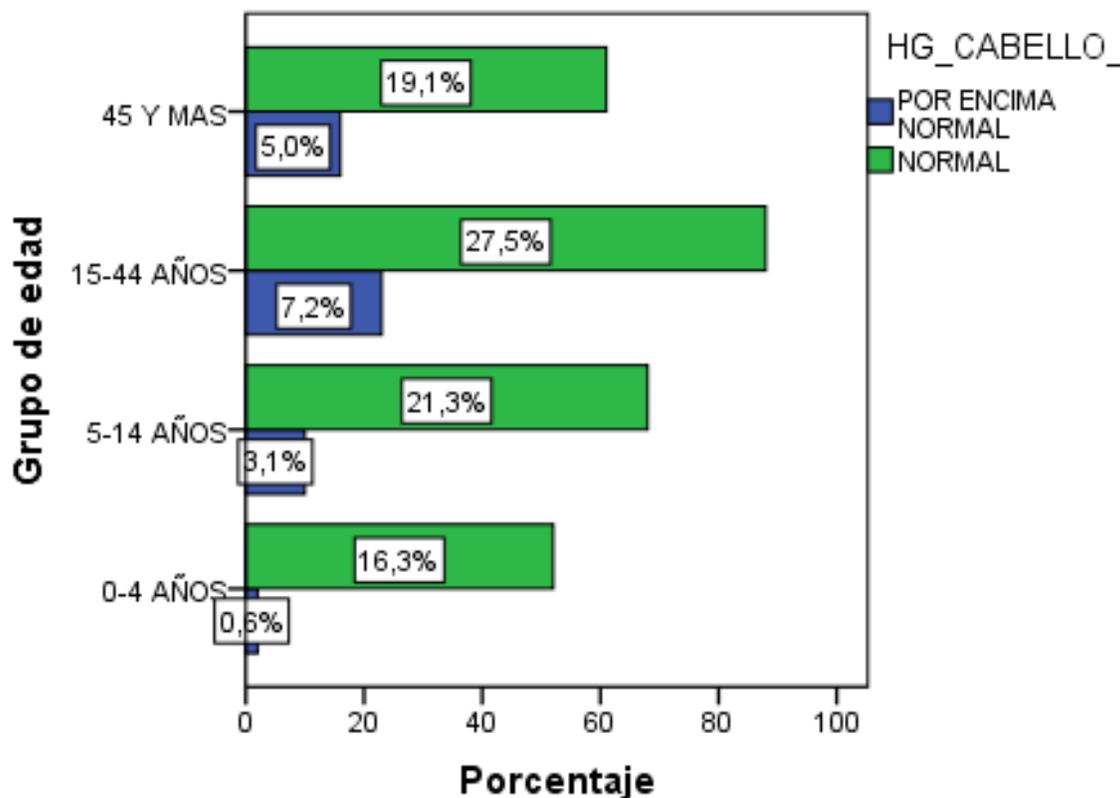
Es de anotar, que para todos los grupos de edad, se observó que en la mayoría (50%), obtienen los pescados que consumen del río Atrato, siguiendo el río Sinú, mulato y León. De igual forma, una proporción importante (42%) dijo obtener sus alimentos en general del mercado principal.

## 4.2 EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES AMBIENTALES PRODUCTO DE LA MINERÍA DE ORO EN EL MUNICIPIO DE TURBO DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.

### 4.2.1 Condiciones de salud de los habitantes de Turbo estudiados

Los resultados presentados a continuación, hacen referencia a los niveles permitidos por la OMS para ser considerados como personas expuestas a metales como el mercurio o metilmercurio y con algún nivel de riesgo para su salud. Particularmente, para el municipio de Turbo, se observó una proporción del 15,9% de afectación; es decir, una de cada siete personas en el municipio tiene la probabilidad de mostrar niveles de mercurio en cabello por encima de los límites permisibles ( $>1\mu\text{g/L}$ ); identificándose mayor proporción de afectación en los hombres (58,8%) y en el grupo de personas económicamente activas (15-44 años; 45,1%) (Ver Figura 3).

**Figura 5** Clasificación de los niveles de mercurio en cabello por grupos de edad, Turbo 2019.



**Fuente:** Construcción a partir de los resultados.

De igual forma, se describen algunas condiciones de signos y síntomas considerando que la salud es un proceso multicausal y se encuentra impactado por diferentes elementos biológicos, sociales, sanitarios, entre otros; que convergen y se convierten en facilitadores o bloqueadores para la aparición y/o transcurso de la enfermedad.

#### **4.2.1.1 Condiciones de salud en menores de cuatro años**

En los 56 menores de cuatro años estudiados, se observaron dos casos particulares, uno de enanismo y otro de asfixia severa al momento de nacimiento; entre los antecedentes observados en la población general de este grupo de edad, se hallaron aspectos como tumor maligno de piel, leucemia y síndrome de Down.

Una cuarta parte de los menores, recibe aún leche materna de su madre; el 3,6% de los niños evaluados, han sido diagnosticados con daño renal, dos de cada diez niños evaluados, ha perdido peso en el último año (19,6%) y uno de cada siete (12,5%) ha perdido cabello de forma moderada durante el mismo periodo de tiempo (Ver Tabla 4).

Así mismo, se observó en el 3,9% de los menores que han presentado color amarillo en su piel durante el último año (ictericia), y el 1,8% de los respondientes manifestó haber notado en el último mes al menor le tiemblan los dedos de la mano.

Respecto al color de la orina, el 3,6% de los acudientes, dijeron que la orina de los menores es de color oscuro y 1,8% de ellos dijo que al menor se le ha hinchado (edematizado) la cara en el último año.

Al momento de hacer la valoración médica, en el 3,6% de los menores se observó palidez mucocutánea, un 1,8% con ascitis e hiperpigmentación. El personal médico no identificó por clínica en los menores aspectos como dermatitis, hipopigmentación, rash, melanosis, ni nódulos (Ver Tabla 4).

En cuanto a los niveles de mercurio en las diferentes matrices biológicas evaluadas, no se observó niveles de mercurio en sangre ni en orina por encima de lo normal ( $>5\mu\text{g/L}$ - ( $>7\mu\text{g/L}$  respect.); solo se observó un caso en una menor femenina de 2,5 años de mercurio en cabello por encima del límite aceptado ( $>1\mu\text{g/L}$ ) (Ver Tabla 4).

**Tabla 4** Signos y síntomas en menores de 4 años. Turbo, 2019.

<b>Menores de 4 años</b>	<b>Si n (%)</b>	<b>No n (%)</b>
Pérdida de peso	11(19,6%)	45(80,4)
Pérdida de cabello	7(12,5)	49(87,5)
sudoración excesiva	8(14,3)	48(85,7)
Salivación excesiva	8(14,3)	48(85,7)
Color de orina oscuro	2(3,6)	53(94,6)
Edema en cara	1(1,8)	55(98,2)
Hg Sangre (> 5µg/L)	0 (0,0)	56(100)
Hg orina (>7µg/L)	0 (0,0)	56(100)
Hg cabello (>1µg/L)	1(1,8)	55(98,2)

**Fuente:** Construcción a partir de resultados.

#### 4.2.1.2 Condiciones de salud de los menores entre 5 y 14 años

De los 78 individuos entre 5 y 14 años evaluados, se observaron antecedentes médicos familiares como cáncer de cuello uterino, cáncer de estómago, mama y de piel.

Se observó que siete de cada cien menores entre 5 y 14 años, han perdido peso en el último año, el 11,5% ha presentado en el último año, algún problema respiratorio. En relación a algunos síntomas, una cuarta parte de ellos (24,4%), manifestó haber perdido cabello durante el mismo periodo y nueve de cada cien (9,0%) dijo presentar sudoración excesiva aun sin estar haciendo actividad física (Ver Tabla 5).

En cuanto a signos y síntomas relacionados con la exposición a mercurio, se observó que el 1,3% de ellos, manifestó sentir al menos una vez al mes sensación de sabor metálico en la boca; el 9,0% dice tener salivación excesiva entre una y tres veces al mes. Esta misma proporción, dice sentir palpitaciones con frecuencia similar y el 2,6% dice que, por parte de los familiares, maestros o personas cercanas, han notado temblores leves en las manos de los menores (Ver Tabla 5).

El 92,3% de los menores estudiados, manifestó sentirse bien después de una noche de sueño, mientras que el 6,4% dijo sentirse regular. Cuatro de cada diez menores manifestaron sentir dolor de cabeza entre una y cuatro veces al mes (41,8%) y el 2,6% dijo sentir casi a diario este síntoma. Una proporción de 5,6% dijo sentir entumecimiento, adormecimiento, hormigueo o dolor en cualquier parte del cuerpo, principalmente alrededor de la boca, manos y pies entre una y cuatro veces al mes.

Otros síntomas como calambres en miembros superiores o inferiores, pérdida de fuerza, incapacidad para realizar labores cotidianas, falta de concentración, memoria o temblor en los párpados; mostraron porcentajes que varían entre el 1,6 y 7,5% con una frecuencia entre una y cuatro veces por mes.

Otros síntomas que la literatura ha relacionado con la exposición a metales, es la irritación o mal genio con facilidad, los sentimientos de tristeza o desasosiego sin un motivo aparente, para este estudio se observó que el 20,5% de los menores Turbeños entre 5 y 14 años dijo sentirse triste o aburrido entre una y cuatro veces al mes, sin explicación aparente y casi siete de cada diez de ellos (69,2%) se enoja o irrita con facilidad (Ver Tabla 5).

Entre el 3,8% y el 6,4% de los menores encuestados, presentan síntomas como pérdida del olfato, gusto por las comidas o visión borrosa; el 10,3% de ellos y el 2,6% en el último año ha presentado un color oscuro en su orina con aumento de la micción y ha presentado edema o hinchazón en su cara o párpados, y en el 5,1% de ellos se observó palidez mucocutánea.

No se identificó por clínica, signos de ascitis, hepatomegalia, ictericia o distensión del bazo (esplenomegalia). En relación a condiciones de la piel, se observó un aspecto normal en el 98,2%; no se observaron signos de hiperqueratosis, hiperpigmentación, melanosis, rash o nódulos en esta población.

Por examen físico, en el 1,3% de los menores se observó de manera dudosa temblor en párpados y manos, y para la evaluación neurológica en mayores de 60 meses, no se observó alteraciones en su marcha, reflejo de succión y fuerza en miembros superiores e inferiores.

En cuanto a los niveles de mercurio en las diferentes matrices biológicas evaluadas, se observó en el 4,5% de las muestras en sangre de los menores, límites por encima de lo normal ( $>5\mu\text{g/L}$ ); el 12,2% en cabello ( $>1\mu\text{g/L}$ ); y no se observaron alteraciones en los límites para las muestras de orina ( $<7\mu\text{g/L}$ ) (Ver Tabla 5).

**Tabla 5** Signos y síntomas en menores entre 5 y 14 años. Turbo, 2019.

<b>Menores entre 5 y 14 años</b>	<b>Si n (%)</b>	<b>No n (%)</b>
Pérdida de peso	6(7,7)	71(91,0)
Pérdida de cabello	57(73,1)	19(24,4)
Sudoración excesiva	7(9,0)	70(89,0)
Salivación excesiva	7(9,0)	70(89,0)
Sabor metálico en la boca	1(1,3)	77(98,7)
Color de orina oscuro	8(10,3)	68(87,2)
Temblor en las manos	1(1,3)	77(98,7)
Tristeza sin motivo aparente	16(20,9)	62(79,1)
Dolor de cabeza	33(41,8)	45(58,2)
Problemas de piel	Sd	76(98,2)
Hg Sangre (> 5µg/L)	3(4,5)	75(95,5)
Hg orina (>7µg/L)	0 (0,0)	78(100)
Hg cabello (>1µg/L)	10(12,2)	68(87,8)

**Fuente:** Construcción a partir de resultados.

#### **4.2.1.3 Condiciones de salud de las personas de 15 años en adelante**

En este grupo etario, se observó un promedio de edad de 40,4(17,2) años; concentrándose el 50% de ellos entre los 15 y 40 años; la cuarta parte final de este grupo, está conformada por personas entre 54 y 88 años.

Entre las alteraciones de salud observadas, se encuentra la parálisis cerebral, el retraso mental y la prematurez en el nacimiento. Y como antecedentes médicos familiares más frecuente se observó cáncer de estómago, cuello uterino y de mama.

Se observó que casi cinco de cada cien personas mayores de 15 años (4,7%), han presentado al menos una vez alteraciones neurológicas como epilepsia, enfermedad de Parkinson, evento cerebro vascular o trastornos mentales como esquizofrenia o alteraciones bipolares.

El 29,5% de los encuestados dijo tener una enfermedad importante al momento de la valoración médica, entre las que se encuentra el asma, la cefalea y la hipertensión arterial, este último en un 8,4%.

Se observó en el 4,7% de la población, que ha sido diagnosticada con inflamación en el hígado y un 1,6% con insuficiencia renal. No se identificaron diagnósticos de cáncer de pulmón, piel, hígado o vejiga; pero seis de cada cien (6,8%) personas en este rango de edad, han sido diagnosticados con cálculos en los riñones.

En cuanto a los antecedentes toxicológicos, no se identificó ningún caso reportado por intoxicación por mercurio en el último año.

Uno de cada cinco habitantes de Turbo en este grupo de edad (22,1%), manifestó haber perdido peso en el último año, una tercera (31,1%) parte dice sentirse fatigado o poco saludable para desarrollar sus actividades cotidianas (Ver Tabla 6).

En cuanto a algunos signos y síntomas propios por la exposición a metales, se observó que el 27,4% dijo haber perdido cabello de manera moderada durante el último año; el 19,5% dice sudar con frecuencia aun cuando se encuentre en reposo o sin hacer alguna actividad física (Ver Tabla 6).

El 7,9% ha presentado algún problema respiratorio en el último año, el 13,2% ha tenido tos por más de tres meses y el 17,9% de los encuestados manifestó sentir picor o irritación en la nariz durante el último mes.

Casi cuatro de cada cien personas (3,9%), dijo sentir sabor metálico en la boca de manera entre una y cuatro veces al mes y una de cada diez (12,7%) dice sentir salivación excesiva con esta misma frecuencia (Ver Tabla 6).

Una séptima parte de los encuestados (12,3%) dijo haber presentado episodios de diarrea en el último mes, alrededor del 25% de ellos manifestó sentir dolor abdominal durante el último mes con una frecuencia entre una y cinco veces.

El 4,2% de las personas encuestadas, durante la valoración médica manifestaron ver su piel de color amarillo con una frecuencia de al menos una vez al mes. Una tercera parte 32% dijo sentir embotamiento en el estómago (dispepsia) con una frecuencia entre una y cinco veces en el mes. En proporción similar (34%) los encuestados manifestaron sentir dolor en las piernas cuando están en marcha (claudicación intermitente), con una frecuencia entre una y cuatro veces al mes y el 1,6% dijo notar que sus piernas cambiaron de color durante el último año, aun estando en reposo.

El 29,3% de las personas, dijo sentirse entre regular y mal después de una noche habitual de sueño, con una frecuencia de una a cuatro veces al mes; una tercera parte (34%) dijo sentir

entumecimiento, adormecimiento, hormigueo, en cualquier parte del cuerpo (principalmente alrededor de la boca, en manos y pies) con la misma frecuencia del síntoma anterior.

Casi seis de cada diez personas (55,2%) dice sentir dolor de cabeza durante el último año con una frecuencia de cuatro veces por semana a diario. Una proporción importante (43,2%) dijo sentir calambres en cualquier parte del cuerpo y casi el 20% de los encuestados manifestó tener pérdida de fuerza en manos o pies, representando esta pérdida de fuerza para el 47,2% incapacidad para realizar sus actividades cotidianas (Ver Tabla 6).

Uno de las manifestaciones por la exposición continua a mercurio, es la pérdida de memoria o falta de concentración; se observó en el 29,5% de los encuestados, que dijeron necesitar apuntar las actividades que deben realizar por no recordar con facilidad. Esta misma proporción dijo sentir que a veces sienten como los objetos se mueven a su alrededor (vértigo), el 7,9% dijo que sus dedos le tiemblan con frecuencia y el 9,5% manifestó que sus párpados tiemblan a veces o siempre (Ver Tabla 6).

En cuanto a las emociones, en proporciones similares (35-38%) las personas manifestaron sentir nervios o tristeza sin motivo aparente, y el 57,4% manifestó irritarse o colocarse de mal genio con gran facilidad.

Durante el último año, el 45,8% de los encuestados manifestó haber perdido capacidad visual y ver los objetos borrosos, el 2,6% dijo haber perdido el gusto por los alimentos; el 28,4% manifestó notar más oscura su orina, el 8,4% con sangre y esa misma proporción dijo tener incontinencia urinaria. Una cuarta parte (24,2%) dijo haber aumentado la micción (veces en que orina) en el último año.

En cuanto a la evaluación del estado de salud, al 7,4% de las personas valoradas se les identificó palidez mucocutánea, y al 0,5% se le palpó el hígado y bazo distendido; al 1,1% se le observó ictericia y no se palpó ascitis en ninguna persona valorada (Ver Tabla 6).

En cuanto a las alteraciones en la piel, se observó en la mayoría (91,1%) un aspecto normal, en proporciones bajas se observó hiperpigmentación (4,2%), hipopigmentación (3,2%) melanosis (1,1%), hiperqueratosis (0,5%); no se identificó personas con nódulos, rash o eczemas (Ver Tabla 6).

En relación a otros signos, se identificó en el 10,5% de las personas valoradas por el personal de salud, temblor en los parpados; temblor en las manos (5,8%), alteraciones en la sensibilidad de los pies tipo media, (1,6%) pérdida de fuerza en los miembros superiores especialmente en las manos y el 1,1% presenta dificultad para caminar. No se identificó personas con alteraciones en la sensibilidad en las manos tipo guante ni pérdida de fuerza en los miembros inferiores especialmente en los pies.

**Tabla 6** Signos y síntomas en mayores de 15 años. Turbo, 2019.

Mayores de 15 años	Si n (%)	No n (%)
Pérdida de peso	42(22,1)	145(76,3)
Pérdida de cabello	52(27,4)	134(70,5)
Sudoración excesiva	37(19,5)	136(71,6)
Salivación excesiva	24(12,7)	158(83,2)
Sabor metálico en la boca	8(4,2)	182(95,8)
Color de orina oscuro	54(28,4)	136(71,6)
Temblor en las manos	11(5,8)	177(93,2)
Falta de memoria	56(29,5)	134(70,5)
Falta de concentración	40(21,1)	150(78,9)
Tristeza sin motivo aparente	70(36,8)	110(57,9)
Dolor de cabeza	105(55,2)	85(44,8)
Problemas de piel	173(91,1)	17(8,9)
Hg Sangre (> 5µg/L)	30(15,7)	160(84,3)
Hg orina (>7µg/L)	3(1,5)	187(98,5)
Hg cabello (>1µg/L)	39(20,3)	151(79,7)

**Fuente:** Construcción a partir de resultados.

En cuanto a los niveles de mercurio en las diferentes matrices biológicas evaluadas, se observó en el 15,7% de las muestras en sangre, límites por encima de lo normal (>5µg/L); el 1,5% en orina (>7µg/L); y en el 20,3% para las muestras de cabello (>1µg/L) (Ver Tabla 6).

#### **4.3 RELACIÓN ENTRE LA PRESENCIA DE MERCURIO Y LAS CONDICIONES SOCIODEMOGRÁFICAS, AMBIENTALES, SIGNO Y SÍNTOMAS EN LA POBLACIÓN EVALUADA.**

Para establecer la relación entre algunas condiciones de vida de los habitantes del municipio de Turbo estudiados y contar con niveles de mercurio en cabello por encima de los normal (>1µg/L), se utilizaron pruebas de hipótesis según la naturaleza y distribución de las variables incluidas en los binomios.

Una vez, es establecida la relación, se realizó un ajuste de variables por medio de una regresión logística binomial, con el fin de controlar la posible confusión y ajustar la relación existente en interacción de las diferentes condiciones tenidas en cuenta para el análisis.

Las variables incluidas son: sexo, edad, área de residencia, fuente de consumo de agua del hogar, hábitos de consumo como si la persona come pescado, signos y síntomas como temblor distal (dedos), dolor de cabeza, pérdida de fuerza en manos, sudoración y salivación excesiva, pérdida de memoria, tristeza sin motivo aparente e ictericia (color amarillo en piel).

En relación a las características sociodemográficas y condiciones de vida, se observó entre las personas afectadas, mayor proporción en los hombres con una relación casi de dos hombres por cada mujer afectada (1,86:1), no encontrándose asociación estadística entre los datos ( $p=0,095$ ); sin embargo, por el principio de parsimonia ( $p<0,21$ ), esta variable fue incluida en la regresión multivariada (Ver Tabla 7).

Como se anotó anteriormente, la mayor proporción de las personas con niveles de mercurio por encima de los valores considerados como normales, se observó en personas mayores de 15 años; especialmente en el grupo de personas económicamente activas (15-44 años) con casi la mitad de las personas afectadas (45,1%); le sigue una tercera parte (31,4%) las personas mayores de 45 años; los de 5 a 14 con una proporción de una de cada cinco personas afectadas y los menores de cuatro años aportaron una proporción de 3,9%. Se observó asociación estadística entre la edad y los títulos de mercurio en cabello por encima de lo normal ( $p=0,020$ ); la concentración del riesgo se da en el grupo de los menores de cuatro años, observándose un  $OR=6,8$  [1,49-31,0] en este grupo de edad, respecto a las personas mayores de 45 años (Ver Tabla 7).

En relación a los signos y síntomas y su relación con los niveles de mercurio en cabello, se observó una proporción alta en las personas que aun teniendo títulos por encima de  $1\mu\text{g/L}$ , dijeron no sentir sudoración (90%), ni salivación excesiva (89,8) y una proporción importante de los que dijeron no tener mala memoria (53,1%). Para las dos primeras condiciones no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ), pero entre tener afectación en para las cosas que hacen en su cotidianidad por olvidarlas y los niveles de mercurio por encima de lo normal, si ( $p=0,009$ ); con mayor riesgo para las personas que dijeron que a veces olvidan las cosas ( $OR=2,6$ [1,3-5,3] (Ver Tabla 7).

En cuanto a la distribución de la tristeza sin motivo aparente y la presencia de mercurio en niveles por encima de lo normal, se observó mayor proporción en las personas que dijeron no sentirse nunca tristes (64,6%), seguido de un poco más de la cuarta parte que dijo sentirse triste sin motivo aparente por lo menos una vez al mes (27,1%), por último, el 8,3% de las personas con mercurio por encima del límite normal dijo experimentar dicho sentimiento al menos una vez por semana; sin observarse diferencias estadísticas que comprueben la asociación entre la tristeza y los niveles anormales de mercurio en cabello ( $p=0,83$ ).

Otro síntoma evaluado fue el dolor de cabeza, se observó entre los afectados por los niveles de mercurio un 89,8% sin síntomas de cefalea, seis de cada cien de las personas (6,1%), dijeron sentir al menos una vez al mes dolor de cabeza y un 2,0% de los que dijeron sentir dolor de cabeza entre una vez a la semana o una vez al día con igual proporción para ambas categorías. Sin ser estadísticamente significativo este dato ( $p=0,51$ ) (Ver Tabla 7).

Por su parte, síntomas como el temblor distal y pérdida de fuerza en las manos y su asociación con los niveles de mercurio, aportaron una distribución en mayor proporción para las personas que dijeron nunca tener temblor distal (94,10%), seguido del porcentaje de las personas que dijeron tener este síntoma en algunas ocasiones (3,9%), y el 2,0% de los que dijeron sentir temblor en sus dedos todo el tiempo. Este binomio no mostró asociación estadísticamente significativa ( $p=0,60$ ). Por su parte, la pérdida de fuerza en las manos, estuvo distribuida entre las personas con niveles por encima del límite normal así: los que dijeron no sentir pérdida de fuerza (93,9%), al menos una vez al mes (4,1%) y otra frecuencia (2,0%). Mostrando asociación entre las variables y concentrándose el riesgo en las personas que dicen sentir pérdida de fuerza en sus manos al menos una vez al mes ( $OR=1,1[1,05-1,20]$ ) (Ver Tabla 7).

Por último, en lo que tiene que ver con la piel de aspecto amarilloso (ictericia), se observó para el segmento de personas con niveles superiores al considerado como normal, un 98,0% de personas que no tienen presente este signo, seguido de dos de cada cien en donde se observó este síntoma (2,0%). no hubo asociación entre este síntoma y los niveles de mercurio ( $p=0,68$ ) (Ver Tabla 7).

**Tabla 7** Resultados de las pruebas de hipótesis y OR: mercurio y algunas características sociodemográficas, ambientales y condiciones de salud.

Variable	Mercurio en cabello (>1µg/L)		Valor p	OR- IC
	Si (%)	No (%)		
<b>Sexo</b>				
Masculino	30(58,8)	124(46,1)	0,09*	1,5[0,92- 2,57]
Femenino	21(41,2)	53,9)		1
<b>Edad</b>				
0-4 años	2(3,9)	52(19,3)	0,043	6,8[1,04-31,0]
5-14 años	10(19,6)	68(25,3)		1,7[0,75-4,2]
15-44 años	23(45,1)	88(32,7)		1,0[0,49-2,05]
> 45 años	16(31,04)	61(22,7)		1
<b>Área</b>				
Urbana	10(19,6)	52(19,4)	0,45*	1
Rural	40(78,4)	199(74,3)		0,30[0,03-2,5]
Centro poblado	1(2,0)	17(6,3)		1,04[0,49-2,22]
<b>Fuente de consumo de agua</b>				
Acueducto publico	4(7,8)	31(11,6)	0,035	0,49[0,21-1,17]
Acueducto comunal o veredal	2(3,9)	38(14,2)		0,20[0,04-0,88]
Pozo sin bomba	0(0,0)	7(2,6)		NC
Agua lluvia	38(75,5)	133(49,8)		1
Agua embotellada o en bolsa	7(13,7)	55(20,6)		NC
Otro	0(0,0)	3(1,1)		NC
<b>Consumo de pescado</b>				
Si	49(96,1)	246(91,8)	0,28*	1,99[0,5-7,6]
No	2(3,9)	2(8,2)		1
<b>Salivación excesiva</b>				
Nunca	44(89,8)	251(93,3)	0,44*	1
Al menos una vez/mes	5(10,2)	12(4,5)		2,37[0,79-7,07]
Al menos una vez/semana	0(0,0)	1(0,4)		NC
Al menos una vez/día	0(0,0)	3(1,1)		NC
Menor frecuencia ¿Cuál?	0(0,0)	2(0,7)		NC
<b>Mala memoria</b>				
Nunca	26(53,1)	162(75,0)	0,09	1
A veces	17(34,0)	40(18,5)		2,6[1,3-5,3]
Siempre	6(12,2)	14(6,5)		2,6[0,94-7,5]
<b>Dolor de cabeza</b>				
Nunca	44(89,8)	182(83,9)	0,51*	1
Al menos una vez/mes	3(6,1)	25(11,5)		0,49[0,14-1,71]
Al menos una vez/semana	1(2,0)	7(3,2)		0,59[0,07-4,9]
Al menos una vez/día	1(2,0)	1(0,5)		4,1[0,25-67,4]
Menor frecuencia ¿Cuál?	0(0,0)	2(0,9)		NC
<b>Pérdida de fuerza en las manos</b>				
Si	46(91,8)	198(91,2)	0,70*	0,25[0,05-1,11]
No	4(8,2)	16(7,4)		1

\* No significativo

NC: No calculado por tamaño de muestra

En relación al área de residencia, se observó una distribución desigual, coherente con los valores absolutos reportados; de los afectados, el 19,6% vive en zona urbana, el 78,4% en zona rural del municipio y el 2,0% en algún centro poblado del municipio. No se observó asociación estadística

que explique relación entre el área de residencia y la presencia de mercurio en cabello por encima de los límites normales ( $p=0,45$ ).

En cuanto a la fuente de agua de consumo, se observó que la mayor proporción entre las personas con niveles por encima de lo normal de mercurio en cabello, su fuente de agua es la lluvia (74,5%), seguido de las personas que utilizan el agua embotellada o de bolsa para su consumo (13,7%), el tercer lugar lo ocupan los hogares que tienen acueducto público y utilizan esta fuente para su consumo (7,8%), por último, cuatro de cada cien hogares en Turbo toman su agua para el consumo del acueducto comunal o veredal. Se observó diferencias estadísticamente significativas entre estas dos variables ( $p=0,035$ ), siendo un factor de protección en un 80% para las personas que tienen como su fuente de consumo de agua el acueducto comunal o veredal respecto a las que dijeron utilizar el agua lluvia ( $OR=0,20$  [0,04-0,88] (Ver Tabla 7).

Del total de personas con niveles de mercurio por encima de lo normal, casi la totalidad de las personas estudiadas (96,1%) consumen pescado; pero no se observó asociación estadística entre estas variables ( $p=0,28$ ) (Ver Tabla 7).

#### **4.4 AJUSTE DE VARIABLES ENTRE LOS NIVELES DE MERCURIO Y ALGUNAS CONDICIONES SOCIODEMOGRÁFICAS, AMBIENTALES Y DE SALUD.**

Se incluyeron en el modelo de regresión las variables que al combinar en las pruebas de hipótesis con el mercurio, mostraron significancia estadística. De las trece variables cruzadas, se observó que cinco (38,5%) mostraron asociación; el sexo, la edad, la fuente de consumo de agua (acueducto veredal), la mala memoria y la pérdida de fuerza en las manos.

Al correr el modelo de regresión, se observó que dos de las cinco variables, conservaron su asociación estadística, pudiendo decirse que aspectos como el sexo y la memoria son variables que explican los niveles altos de mercurio medidos en cabello.

**Tabla 8** Modelo de regresión para mercurio y algunas variables sociodemográficas, ambientales y de salud. Turbo, 2019.

Variables en la ecuación	Valor p	OR	I.C. 95% para EXP(B)	
			Inferior	Superior
Pérdida de fuerza en las manos	0,05	4,56	1,00	20,76
Pérdida de fuerza en las manos	1,00	0,00	,00	
Edad	0,13			
Edad 0-4 años	0,05	0,42	0,17	1,02
Edad 5-14	0,11	0,47	0,19	1,19
Sexo (mujer)	0,04	0,53	0,26	0,99
Fuente de agua	0,32			
agua_cate (1)	0,07	4,13	0,91	18,68
agua_cate (2)	1,00	47,05	0,00	NC
agua_cate (3)	0,19	1,90	0,72	4,97
agua_cate (4)	1,00	229236951,70	,00	
Memoria (nunca)	0,01			
Memoria (a veces)	0,01	2,90	1,30	6,20
Memoria (siempre	0,09	0,37	0,12	1,15
Constante	0,000005	5,69		

**Fuente:** Construcción a partir de resultados.

Así mismo, el ser mujer se convierte en un factor protector para este fenómeno (OR=0,53[0,26-0,99]) y el tener a veces mala memoria es un factor de riesgo para el mismo evento (OR=2,9[1,3-6,2] (Ver Tabla 8).

Respecto al modelo seleccionado, se observó una sensibilidad del 80,4% en sus estimaciones, representando con esto un buen modelo para determinar las variables que se asocian con los niveles de mercurio, pero una bondad de ajuste un poco baja (36,8%).

## 5. DISCUSIÓN

Una de las prácticas recurrentes en el ejercicio de la actividad de minería de oro, es el uso del mercurio para separar el oro de otros metales por ser económico, fácil de conseguir, rápido y eficaz (123). La dimensión de las amenazas directas que representa la exposición a mercurio para la salud es entre 10 y 15 millones de personas que participan en la extracción de oro mediante la minería artesanal, principalmente en países de África, Asia y Sudamérica. Según los cálculos de la evaluación mundial sobre el mercurio de 2013, en el sector trabajan alrededor de tres millones de mujeres y niños (124).

Acorde a los resultados obtenidos y considerando los grupos de población estudiados en el municipio de Turbo se evidenció que la mayor exposición de mercurio en cabello por encima de los valores de referencia normal establecidos por la OMS ( $>1 \mu\text{g/g}$ ) se presentó en los hombres en el grupo etario de 15-44 años. Estos valores, son congruentes con lo reportado por Yan et Al, Gutiérrez-Mosquera et Al. y Olivero-Verbel en los cuales los hombres adultos presentaron niveles más altos de THg en el cabello que las mujeres adultas y los niños. Las variaciones entre los individuos se basan en su susceptibilidad en la acumulación de mercurio y diferencias genéticas (19,63,125).

El estudio de Gutiérrez-Mosquera también refiere que en los hombres, los niveles de Hg aumentaron en el grupo de edad 20-40 años a  $22,86 \mu\text{g/g}$ , sin embargo se encontró una disminución gradual en el grupo de mayor edad de 40-60 años a  $13,76 \mu\text{g/g}$ ; 60-80 años a  $0,08 \mu\text{g/g}$ , lo cual es coherente con los resultado obtenidos en el municipio de Turbo en el cual se evidenció una disminución en la exposición a mercurio en el grupo de edad de 15-44 años con un 7,2% por encima del valor normal pasando a un 5% en el grupo etario de 45 años y más. Esto se explica, debido a la velocidad más lenta del metabolismo del mercurio y al cabello menos denso (63).

Se encontró que este grupo de personas consume agua de fuentes como la lluvia (75,5%), agua embotellada o bolsa (13,7%), acueducto público (7,8%) y acueducto comunal o veredal (3,9%) (71). Este resultado podría sugerir que no se están realizando proceso de tratamiento casero para el consumo de agua segura tales como desinfección mediante hervido, filtración o cloración. De igual forma, el embotellado de agua en el distrito de Turbo podría no estar siguiendo los

procedimientos regulares, lo cual concuerda con lo reportado por Diaz et Al., indicando que se podría estar distribuyendo un agua contaminada y consumida por quienes están expuestos en la zona (71). No obstante, este es un dato que requiere de verificación por parte de un laboratorio certificado.

Otro de los hallazgos relacionado con los hábitos de consumo de la población determinó que el 96,1% de las personas expuestas consume pescado. Aunque este estudio, no consideró la frecuencia del consumo de pescado, el hallazgo es congruente con lo reportado por Camacho et Al, en el cual la ingesta de pescado es un factor estrechamente asociado con el aumento de THg en el cabello, considerando que en las zonas de minería el consumo de pescado es una de las principales fuentes de proteína. La exposición al Hg debido al consumo de pescado se podría considerar como un factor de riesgo para el incremento de los niveles de mercurio en cabello (20), en este estudio para estas variables no se presentó asociación estadísticamente significativa lo cual concuerda con lo informado por Olivero-Verbel et Al. en el análisis de correlación (72).

Diversos estudios señalan que la exposición a metales pesados como el mercurio genera afectaciones en salud que incluyen trastornos cardiovasculares, daño neuronal, lesiones renales, riesgo de cáncer, diabetes (57–59) e hipertensión (61). La intoxicación crónica por mercurio se presenta temblores, hipertrofia de tiroides, taquicardia, gingivitis, cambios en la personalidad, eretismo, pérdida de memoria, depresión severa, delirios y alucinaciones (126). La neurotoxicidad se manifiesta con temblores y pérdida de sensibilidad en dedos de ambas extremidades, ataxia, pérdida de visión y audición, espasmos y finalmente coma y muerte (127).

Dentro de los signos y síntomas en salud analizados, se encontró que pese a que no se observaron diferencias estadísticamente significativas para sudoración ni salivación excesiva ( $p > 0,05$ ), si se hallaron para las personas que dijeron que a veces olvidan las cosas ( $OR = 2,6 [1,3-5,3]$ ). No se observaron diferencias estadísticas que corroboren la asociación entre las personas con niveles de exposición a Hg por encima de lo normal con signos y síntomas como tristeza, dolor de cabeza, temblor distal. Sin embargo, con la pérdida de fuerza en las manos al menos una vez al mes si se produjo asociación estadística ( $OR = 1,1 [1,05-1,20]$ ).

## 6. CONCLUSIONES

El desarrollo de actividades de minería de oro a pequeña escala en el municipio de Turbo ha contribuido a la contaminación ambiental convirtiéndose en un determinante que incide en la salud pública del territorio. La investigación, suministra información relevante sobre los niveles de exposición de mercurio en matriz biológica cabello de la población que se encuentra ubicada en la zona de influencia de minería. Los resultados de esta investigación reportan que el 15,9% de las personas del municipio de Turbo que participaron en el estudio muestran niveles de mercurio por encima de los límites permisibles establecidos por la OMS ( $>1\mu\text{g/g}$ ). En el grupo de menores de 4 años el 1,8% superó el umbral establecido por la OMS, en los menores de 5 y 14 años el 12,2% y en el de mayores de 15 años el 20,3%.

Algunos de los factores que condicionan la exposición al mercurio están vinculados a condiciones sociodemográficas como sexo o edad identificándose una mayor proporción de afectación en los hombres (58,8%) y en el grupo de personas económicamente activas (15-44 años; 45,1%); la ingesta de pescado (96,1%); obtención de agua para el consumo proveniente de agua lluvia (74,5%) y de agua embotellada o de bolsa (13,7%); área de residencia siendo el área rural (78,4%) la zona con mayor reporte de afectados.

En relación a los signos y síntomas que se evidenciaron con mayor proporción en los menores de 4 años se encontraron la pérdida de peso (10,6%), sudoración y salivación excesiva (14,3%). En el grupo etario de 5-14 años, se encontró que la pérdida de cabello (73,1%) ocupó el primer lugar, seguido de dolor de cabeza (41,8%) y tristeza sin motivo aparente (20,9%). Finalmente, en el grupo de mayores de 15 años se encontró que los problemas de piel ocuparon el primer lugar con 91,1%, seguido de tristeza sin motivo aparente (36,8%), falta de memoria (29,5%).

Sin embargo, aspectos como el sexo y la memoria son variables que explican los niveles altos de mercurio medidos en cabello, ya que conservan su asociación estadística al aplicar el modelo de regresión. De tal manera que, el hecho de ser mujer se constituye en factor protector y la mala memoria en un factor de riesgo para el mismo evento.

## 7. RECOMENDACIONES

- El estudio, evidenció algunos signos y síntomas que se manifestaron en específico en la población menor de 4 años, de 5-14 años y de 15 años en adelante. Por tal razón, sería interesante adelantar estudios de morbilidad en la zona, que se constituyan en un punto de partida para suministrar información respecto a la proporción de personas que enferman en un escenario como el de exposición ocasionado por la contaminación con mercurio en el distrito de Turbo. Se convierte además en insumo para el diseño de programas y estrategias que den respuesta al diagnóstico encontrado.
- Dada la exposición presentada en la población como consecuencia del impacto en la calidad ambiental por la actividad minera, caracterizar la situación de salud ambiental en la zona bajo el modelo de Fuerzas Motrices (Presión-Estado-Exposición-Efecto-Acción) el cual permitirá además tomar decisiones en torno a las intervenciones ya sea a nivel individual y/o colectivo que se deban desarrollar para afectar de manera positiva los determinantes ambientales.
- Formular estrategias de prevención de la enfermedad y promoción de la salud para la población expuesta en la zona de minería de oro que involucren a los diferentes actores gubernamentales, organizaciones de base comunitaria, ONGs, academia y demás entidades basado en la Atención Primaria en Salud (APS).
- Comunicar y sensibilizar sobre los factores de riesgos y factores protectores en los distintos entornos laboral, institucional, comunitario, familiar y educativo producto del uso del mercurio en la actividad de minería de oro en la zona. Fomentar redes de apoyo constituidos por agentes comunitarios de la zona que propendan por el bienestar de la población, hagan seguimiento y vigilancia local. Notificar
- Implementar el Plan de Mercurio para el sector Salud como parte del compromiso asumido por Colombia con el Convenio de Minamata y la Ruta Integral de Atención en Salud.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cano SE. Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica* [Internet]. 17 de octubre de 2012 [citado 20 de febrero de 2020] 2012; 32(3). 309-11. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1437>
2. Pantoja Timarán FH, Pantoja Barrios SD. Problemas y desafíos de la minería de oro artesanal y en pequeña escala en Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*. 2016; 24(2):147-60.
3. Ministerio de Minas y Energía. Censo minero departamental 2010-2011. 2012
4. Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) Ministerio de Minas y Energía, Universidad de Córdoba. Estudio de la Cadena de Mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro-Tomo 3 [Internet]. 2014. Disponible en: [http://www.upme.gov.co/SeccionMineria\\_sp/cadena\\_de\\_mercurio/Cadena\\_Mercurio\\_Tomo\\_III.pdf](http://www.upme.gov.co/SeccionMineria_sp/cadena_de_mercurio/Cadena_Mercurio_Tomo_III.pdf)
5. Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Universidad de Córdoba. Incidencia real de la minería del carbón, del oro y del uso del mercurio en la calidad ambiental con énfasis especial en el recurso hídrico - diseño de herramientas para la planeación sectorial [Internet]. 2015. Disponible en: [http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/EstudiosPublicaciones/Incidencia\\_real\\_de\\_la\\_mineria\\_sobre\\_el\\_recurso\\_hidrico.pdf](http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/EstudiosPublicaciones/Incidencia_real_de_la_mineria_sobre_el_recurso_hidrico.pdf)
6. Lopez Bravo M, Santos Luna J, Quezada Abad C, Segura Osorio M, Perez Rodriguez J. Actividad minera y su impacto en la salud humana. 2016.
7. Bose-O'Reilly S, Bernaudat L, Siebert U, Roider G, Nowak D, Drasch G. Signs and symptoms of mercury-exposed gold miners. *Int J Occup Med Environ Health*. 30 de marzo de 2017;30(2):249-69.
8. Ekino S, Susa M, Ninomiya T, Imamura K, Kitamura T. Minamata disease revisited: an update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning. *J Neurol Sci*. 15 de noviembre de 2007;262(1-2):131-44.
9. Londoño-Franco LF, Londoño-Muñoz PT, Muñoz-García FG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2016;14(2):145-53.
10. UNEP UNEP. Towards a Pollution-Free Planet. 3rdsession of the United Nations Environment Assembly. Nairobi, Kenya. 2017.
11. Prieto G. Geochemistry of heavy metals derived from gold-bearing sulphide minerals in the Marmato District (Colombia). *Journal of Geochemical Exploration*. 1998;64(1-3):215-22.
12. Ikingura JR, Akagi H, Mujumba J, Messo C. Environmental assessment of mercury dispersion, transformation and bioavailability in the Lake Victoria Goldfields, Tanzania. *J Environ Manage*. octubre de 2006;81(2):167-73.
13. Romero FM, Armienta MA, Gutiérrez ME, Villaseñor G. Factores geológicos y climáticos que determinan la peligrosidad y el impacto ambiental de jales mineros. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 2008;24(2):43-54.

14. Marrugo-Negrete J, Benítez LN, Olivero-Verbel J, Lans E, Vazquez Gutierrez F. Spatial and seasonal mercury distribution in the Ayapel Marsh, Mojana region, Colombia. *Int J Environ Health Res.* diciembre de 2010;20(6):451-9.
15. Marrugo J, Lans E, Benítez L. Hallazgo de mercurio en peces de la Ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba.* 2007;12(1):878-86.
16. Palacios-Torres Y, Caballero-Gallardo K, Olivero-Verbel J. Mercury pollution by gold mining in a global biodiversity hotspot, the Choco biogeographic region, Colombia. *Chemosphere.* febrero de 2018;193:421-30.
17. Vélez-Torres I, Vanegas DC, McLamore ES, Hurtado D. Mercury pollution and artisanal gold mining in Alto Cauca, Colombia: woman's perception of health and environmental impacts. *The Journal of Environment & Development.* 2018;27(4):415-44.
18. Gracia L, Marrugo JL, Alvis EM. Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública.* 2010;28(2):118-24.
19. Gutiérrez-Mosquera H, Sujitha SB, Jonathan MP, Sarkar SK, Medina-Mosquera F, Ayala-Mosquera H, et al. Mercury levels in human population from a mining district in Western Colombia. *J Environ Sci (China).* junio de 2018;68:83-90.
20. Salazar-Camacho C, Salas-Moreno M, Marrugo-Madrid S, Marrugo-Negrete J, Díez S. Dietary human exposure to mercury in two artisanal small-scale gold mining communities of northwestern Colombia. *Environ Int.* 2017;107:47-54.
21. Marrugo-Negrete J, Pinedo-Hernández J, Díez S. Geochemistry of mercury in tropical swamps impacted by gold mining. *Chemosphere.* septiembre de 2015;134:44-51.
22. OMS. Efectos de la exposición al mercurio en la salud de las personas que viven en comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala [Internet]. 2013. Disponible en: [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/mercury\\_asgm\\_es.pdf?ua=1](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury_asgm_es.pdf?ua=1)
23. Ramírez AV. Intoxicación ocupacional por mercurio. En UNMSM. Facultad de Medicina; 2008. p. 46-51.
24. Lusilao-Makiese J, Cukrowska E, Tessier E, Amouroux D, Weiersbye I. The impact of post gold mining on mercury pollution in the West Rand region, Gauteng, South Africa. *Journal of Geochemical Exploration.* 2013;134:111-9.
25. Lusilao-Makiese JG, Tessier E, Amouroux D, Tutu H, Chimuka L, Weiersbye I, et al. Mercury speciation and dispersion from an active gold mine at the West Wits area, South Africa. *Environ Monit Assess.* enero de 2016;188(1):47.
26. Gerson JR, Driscoll CT, Hsu-Kim H, Bernhardt ES. Senegalese artisanal gold mining leads to elevated total mercury and methylmercury concentrations in soils, sediments, and rivers. *Elem Sci Anth.* 2018;6(1).
27. Constitucional C. Sentencia T-622 de 2016. Recuperada de <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria>. 2016;622:16.

28. Quintero M del CV. Tres concepciones históricas del proceso salud-enfermedad. *Revista Hacia la promoción de la salud*. 2007;12:41-50.
29. Lalonde M. A new perspective on the health of Canadians. A working document. Ottawa: Government of Canadá [Internet]. 1974. Disponible en: <https://www.phac-aspc.gc.ca/ph-sp/pdf/perspect-eng.pdf>
30. Cabrera GA. Teorías y modelos en la salud pública del siglo XX. *Red Colombia Médica*; 2000.
31. Romero Placeres M, Álvarez Toste M, Álvarez Pérez A. Los factores ambientales como determinantes del estado de salud de la población. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 2007;45(2):0-0.
32. Blesa M, Castro G. Historia natural y cultural del mercurio. Buenos Aires: Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias. 2015;
33. Gaona Martínez J. El mercurio como contaminante global Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente. *Universitat Autònoma de Barcelona*; 2004.
34. Información básica sobre el mercurio [Internet]. Información básica sobre el mercurio. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-el-mercurio>
35. Morel FM, Kraepiel AM, Amyot M. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annual review of ecology and systematics*. 1998;29(1):543-66.
36. Español Cano S. Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica*. 2012;32(3):309-11.
37. OPS. Salud en el Convenio del Mercurio [Internet]. ops. Disponible en: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8162:2013-health-minamata-convention-on-mercury&Itemid=0&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=8162:2013-health-minamata-convention-on-mercury&Itemid=0&lang=es)
38. Agencia de Protección Ambiental (EPA). Cómo las personas están expuestas al mercurio [Internet]. Mercurio. Disponible en: <https://www.epa.gov/mercury/how-people-are-exposed-mercury>
39. Delgado MNG, Barrenetxea CO, Serrano AP, Blanco JMA, Vidal FJR. Contaminación ambiental: una visión desde la química. Editorial Paraninfo; 2004.
40. Henry JG, Heinke GW. Ingeniería ambiental. Pearson Educación; 1999.
41. Albert LA. Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. Albert LA, Jacott M México tóxico Capítulo. 2004;4:38-52.
42. Colina JV. Tipos de contaminación, sus fuentes y efectos en el estuario de Santoña. *Monte Buciero*. 2000;(5):211-24.
43. Diputación Barcelona. Contaminación ambiental debida a factores físicos [Internet]. Contaminación ambiental debida a factores físicos. Disponible en: <https://www.diba.cat/es/web/salutpublica/contaminacio-per-factors-fisics>
44. Segura LMS, Arriaga JAL. Principios básicos de contaminación ambiental. UAEM; 2003.

45. Rodríguez BES. La contaminación ambiental y sus consecuencias Toxicológicas. Lulu. com; 2009.
46. Bello Gutiérrez J. Fundamentos de ciencia toxicológica. 2001. Report No.: 8479784725.
47. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. En Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002. p. 51-64.
48. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. *Exp Suppl.* 2012;101:133-64.
49. Blanco-Becerra LC, Pinzón-Flóres CE, Idrovo AJ. Estudios ecológicos en salud ambiental: más allá de la epidemiología. *Biomédica.* 2015;35(2):191-206.
50. Robles SLRD, Chávez MGG, Ballesteros AC. El campo de la salud ambiental: una oportunidad para alcanzar las metas de la educación científica. *Ambiente & Sociedade.* 2015;18(4):75-96.
51. Rengifo Cuéllar H. Conceptualización de la salud ambiental: teoría y práctica (parte 1). *Revista Peruana de Medicina Experimental y salud pública.* 2008;25(4):403-9.
52. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Ministerio de Salud y Protección Social. Referentes conceptuales y abordajes sobre Determinantes Ambientales [Internet]. 2014. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/referentes-conceptuales-abordajes-determinantes-ambientales.pdf>
53. PÃ©rez JimÃ©nez D, Diago Garrido Y, Corona Miranda B, Espinosa DÃ­az R, GonzÃ¡lez PÃ©rez JE. Enfoque actual de la salud ambiental. *Revista Cubana de Higiene y EpidemiologÃ­a.* 2011;49:84-092.
54. Miranda D, MsC D, PÃ©rez AMS, MsC D, Santos D, Arencibia D. Generalidades de Salud Ambiental. En 2007.
55. GarcÃ­a-Ubaque JC, Vaca ML, GarcÃ­a-Ubaque CA. DeterminaciÃ³n ambiental de la salud: un reto para Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud PÃºblica.* 2013;31:111-5.
56. Orobio AOA, Osorio VOV, RodrÃ­guez NRN, RamÃ­rez NRN, LeÃ³n LLL, HernÃ¡ndez NHN, et al. Problemas y desafÃ­os que afronta Colombia respecto a la salud ambiental, un enfoque basado en el plan decenal de Salud. *Biociencias.* 2017;1(1).
57. Rehman K, Fatima F, Waheed I, Akash MSH. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *J Cell Biochem.* 2018;119(1):157-84.
58. Wu X, Cobbina SJ, Mao G, Xu H, Zhang Z, Yang L. A review of toxicity and mechanisms of individual and mixtures of heavy metals in the environment. *Environ Sci Pollut Res Int.* mayo de 2016;23(9):8244-59.
59. Rzymiski P, Tomczyk K, Rzymiski P, PoniedziaÅek B, Opala T, Wilczak M. Impact of heavy metals on the female reproductive system. *Ann Agric Environ Med.* 2015;22(2):259-64.

60. Zhang C, Wu H-B, Cheng M-X, Wang L, Gao C-B, Huang F. Association of exposure to multiple metals with papillary thyroid cancer risk in China. *Environ Sci Pollut Res Int.* julio de 2019;26(20):20560-72.
61. Wu W, Jiang S, Zhao Q, Zhang K, Wei X, Zhou T, et al. Associations of environmental exposure to metals with the risk of hypertension in China. *Sci Total Environ.* 1 de mayo de 2018;622-623:184-91.
62. Wyatt L, Permar SR, Ortiz E, Berky A, Woods CW, Amouou GF, et al. Mercury Exposure and Poor Nutritional Status Reduce Response to Six Expanded Program on Immunization Vaccines in Children: An Observational Cohort Study of Communities Affected by Gold Mining in the Peruvian Amazon. *Int J Environ Res Public Health.* 21 de 2019;16(4).
63. Yan J, Inoue K, Asakawa A, Harada KH, Watanabe T, Hachiya N, et al. Methylmercury monitoring study in Karakuwacho peninsula area in Japan. *Bull Environ Contam Toxicol.* julio de 2014;93(1):36-41.
64. Ngole-Jeme VM, Fantke P. Ecological and human health risks associated with abandoned gold mine tailings contaminated soil. *PLoS ONE.* 2017;12(2):e0172517.
65. Imo D, Muff S, Schierl R, Byber K, Hitzke C, Bopp M, et al. Human-biomonitoring and individual soil measurements for children and mothers in an area with recently detected mercury-contaminations and public health concerns: a cross-sectional study. *Int J Environ Health Res.* agosto de 2018;28(4):391-406.
66. Fuentes-Gandara F, Pinedo-Hernández J, Marrugo-Negrete J, Díez S. Human health impacts of exposure to metals through extreme consumption of fish from the Colombian Caribbean Sea. *Environ Geochem Health.* febrero de 2018;40(1):229-42.
67. Argumedo-García MP, Consuegra-Solórzano A, Vidal-Durango JV, Marrugo-Negrete JL. Exposición a mercurio en habitantes del municipio de San Marcos (Departamento de Sucre) debida a la ingesta de arroz (*Oryza sativa*) contaminado. *Revista de Salud Pública.* 2013;15:903-15.
68. Argumedo M, Vidal J, Marrugo J. Mercurio total en animales domésticos en mina Santa Cruz, Sur de Bolívar-Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA.* 2013;366-79.
69. Calao CR, Marrugo JL. Efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana, Colombia, 2013. *Biomédica.* 2015;35(2):139-51.
70. Marrugo-Negrete J, Vargas-Licon S, Ruiz-Guzmán JA, Marrugo-Madrid S, Bravo AG, Díez S. Human health risk of methylmercury from fish consumption at the largest floodplain in Colombia. *Environ Res.* 2020;182:109050.
71. Díaz SM, Muñoz-Guerrero MN, Palma-Parra M, Becerra-Arias C, Fernández-Niño JA. Exposure to Mercury in Workers and the Population Surrounding Gold Mining Areas in the Mojana Region, Colombia. *Int J Environ Res Public Health.* 23 de 2018;15(11).
72. Olivero-Verbel J, Carranza-Lopez L, Caballero-Gallardo K, Ripoll-Arboleda A, Muñoz-Sosa D. Human exposure and risk assessment associated with mercury pollution in the Caqueta River, Colombian Amazon. *Environ Sci Pollut Res Int.* octubre de 2016;23(20):20761-71.

73. Rodríguez-Villamizar LA, Jaimes DC, Manquián-Tejos A, Sánchez LH. [Human mercury exposure and irregular menstrual cycles in relation to artisanal gold mining in Colombia]. *Biomedica*. agosto de 2015;35 Spec:38-45.
74. Molina CF, Arango CM, Sepúlveda H. Mercury contamination in breast milk of nursing mothers in gold mining municipalities of Antioquia, Colombia. *Biomedica*. 01 de 2018;38(0):19-29.
75. Bennasar Veny M. Estilos de vida y salud en estudiantes universitarios: la universidad como entorno promotor de la salud. 2012;
76. de la Salud DS. Determinantes Sociales de la Salud. Subsanan las desigualdades de una generación Lugar, editorial. 2008;
77. Ramos BN, Aldereguía HJ. Medicina social y salud pública. Pueblo y Educación; 1990.
78. Villar Aguirre M. Factores determinantes de la salud: Importancia de la prevención. *Acta médica peruana*. 2011;28(4):237-41.
79. Castaño LSÁ. Los determinantes sociales de la salud: más allá de los factores de riesgo. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*. 2009;8(17):69-79.
80. Pérez Jiménez D, Diago Garrido Y, Corona Miranda B, Espinosa Díaz R, González Pérez JE. Enfoque actual de la salud ambiental. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 2011;49(1):84-092.
81. Berkowitz B, Dror I, Yaron B. Contaminant geochemistry. Springer; 2007.
82. Rahman MM, Hossain KFB, Banik S, Sikder MT, Akter M, Bondad SEC, et al. Selenium and zinc protections against metal-(loids)-induced toxicity and disease manifestations: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2019;168:146-63.
83. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *British medical bulletin*. 2003;68(1):167-82.
84. Cortessis VK, Thomas DC, Levine AJ, Breton CV, Mack TM, Siegmund KD, et al. Environmental epigenetics: prospects for studying epigenetic mediation of exposure–response relationships. *Human genetics*. 2012;131(10):1565-89.
85. Den Hond E, Dhooge W, Bruckers L, Schoeters G, Nelen V, Van De Mierop E, et al. Internal exposure to pollutants and sexual maturation in Flemish adolescents. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*. 2011;21(3):224-33.
86. del mercurio en la MAAPE U. Efectos de la exposición al mercurio en la salud de las personas que viven en comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala.
87. Manahan SE. Toxicological chemistry and biochemistry. CRC Press; 2002.
88. Ekino S, Susa M, Ninomiya T, Imamura K, Kitamura T. Minamata disease revisited: an update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning. *Journal of the neurological sciences*. 2007;262(1-2):131-44.

89. Crespo-López ME, De Sa AL, Herculano AM, Burbano RR, do Nascimento JLM. Methylmercury genotoxicity: a novel effect in human cell lines of the central nervous system. *Environment international*. 2007;33(2):141-6.
90. Kim S, Jeon C, Paek D. Hair mercury concentrations of children and mothers in Korea: implication for exposure and evaluation. *Science of the total environment*. 2008;402(1):36-42.
91. Prieto G. Geochemistry of heavy metals derived from gold-bearing sulphide minerals in the Marmato District (Colombia). *Journal of Geochemical Exploration*. 1998;64(1-3):215-22.
92. Romero FM, Armienta MA, Gutiérrez ME, Villaseñor G. Factores geológicos y climáticos que determinan la peligrosidad y el impacto ambiental de jales mineros. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 2008;24(2):43-54.
93. Yard EE, Horton J, Schier JG, Caldwell K, Sanchez C, Lewis L, et al. Mercury exposure among artisanal gold miners in Madre de Dios, Peru: a cross-sectional study. *Journal of Medical Toxicology*. 2012;8(4):441-8.
94. Yard EE, Horton J, Schier JG, Caldwell K, Sanchez C, Lewis L, et al. Mercury exposure among artisanal gold miners in Madre de Dios, Peru: a cross-sectional study. *J Med Toxicol*. diciembre de 2012;8(4):441-8.
95. Ministerio de Trabajo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Perfil productivo Municipio de Turbo [Internet]. 2013. Disponible en: [https://issuu.com/pnudcol/docs/perfil\\_productivo\\_turbo](https://issuu.com/pnudcol/docs/perfil_productivo_turbo)
96. Abuchar González, A. Análisis de Situación de Salud con el modelo de los determinantes sociales de salud, actualización 2018 [Internet]. 2018. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-distrital-turbo-2018.pdf>
97. González AA. Análisis de la situación en salud con el modelo de los determinantes sociales de la salud. Distrito de Turbo. Antioquia; 2018.
98. Betancourt Ó, Mertens F, Parra M. Enfoques ecosistémicos en salud y ambiente. 2016;
99. Ministerio de Ambiente. Colombia ratificó tratado global contra el mercurio [Internet]. Colombia ratificó tratado global contra el mercurio. 2019. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4417-colombia-ratifico-tratado-global-contra-el-mercurio>
100. Gamboa-Bernal GA. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una perspectiva bioética. *Persona y Bioética*. 2015;19(2):175-81.
101. Presidencia de la República. Constitución Política de Colombia de 1991. 1991.
102. Congreso de la República. Ley 23 de 1973. 1973.
103. Presidencia de la República. Decreto ley 2811 de 1974. Decreto ley 2811 de 1974.
104. Ministerio de Salud y Protección Social. Ley 9 de 1979.

105. Congreso de la República. Ley 99 de 1993.
106. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ley 1252 de 2008.
107. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 1299 de 2008
108. Congreso de la República de Colombia. Ley 1658 de 2013.
109. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. Decreto 1076 de 2015.
110. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979.
111. Ministerio del Medio Ambiente. Resolución 541 de 1994.
112. Ministerio del Interior. Decreto 321 de 1999.
113. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 4741 de 2005.
114. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 1402 de 2006. Resolución 1402 de 2006 2006.
115. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 1362 de 2007. Resolución 1362 de 2007 2007.
116. Presidencia de la República. Decreto 351 de 2014. Decreto 351 de 2014 2014.
117. Ministerio De Ambiente Y, Desarrollo Sostenible. Resolución 754 de 2014. Resolución 754 de 2014 2014.
118. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 1541 de 2013. Resolución 1541 de 2013 2013.
119. Ministerio de Salud y Protección Social M. Sistema Integral de Información - SISPRO [Internet]. Portal SISPRO. [Citado 17 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sispro.gov.co/catalogos/Pages/reporte-de-informacion.aspx>
120. Fernández SF, Sánchez JMC, Córdoba A, Largo AC. Estadística descriptiva. Esic Editorial; 2002.
121. DANE. Censo Nacional de población y vivienda 2018-Colombia [Internet]. Censo Nacional de población y vivienda 2018-Colombia. [Citado 15 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
122. Ministerio de Salud. Resolución número 8430 de 1993 [Internet]. 8430 1993. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
123. Cano SE. Contaminación con mercurio por la actividad minera. Biomédica. 17 de octubre de 2012;32(3).
124. UNEP GMA. United Nations Environment Programme. Chemicals, Geneva, Switzerland. 2002;

125. Olivero-Verbel J, Caballero-Gallardo K, Marrugo Negrete J, Negrete-Marrugo J. Relationship between localization of gold mining areas and hair mercury levels in people from Bolivar, north of Colombia. *Biol Trace Elem Res.* diciembre de 2011;144(1-3):118-32.
126. Poulin J, Mercurio GH. Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. Pruss-Ustun, editor Ginebra: Organización Mundial de la Salud. 2008;
127. Londoño-Franco LF, Londoño-Muñoz PT, Muñoz-García FG. Risk of heavy metals in human and animal health. *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial.* 2016;14(2):145-53.

# **ANEXOS**





El conocimiento es de todos

Colciencias



La salud es de todos

Minsalud



I. IDENTIFICACIÓN

1. Departamento <input type="text"/>	8. Segmento <input type="text"/>	15. Personas del hogar (grupos especiales)
2. Municipio <input type="text"/>	9. Edificación <input type="text"/>	15.1 N° de mujeres en el hogar <input type="text"/>
3. Área 1. Cabecera municipal <input type="checkbox"/> 2. Centro poblado <input type="checkbox"/> 3. Rural disperso <input type="checkbox"/>	10. Vivienda N° <input type="text"/> 10.1 Total de viviendas dentro la edificación <input type="text"/>	15.2 N° de mujeres en embarazo <input type="text"/>
4. Sector <input type="text"/>	11. Total de hogares en la vivienda <input type="text"/>	15.3 N° de mujeres amamantando <input type="text"/>
5. Sección <input type="text"/>	12. Hogar N° <input type="text"/>	15.4 N° de niños(as) menores de 4 años <input type="text"/>
6. Manzana <input type="text"/>	13. Barrio, centro poblado o vereda <input type="text"/>	16. Nombre de la persona que responde <input type="text"/>
7. USM <input type="text"/>	14. Dirección <input type="text"/>	17. N° de orden de la persona que responde <input type="text"/>
		18. N° de visitas <input type="text"/>
		19. Resultado de la entrevista <input type="text"/>

II. DATOS DE CONTROL

Resultados de la visita

N°	FECHA	HORA		COD.
		INICIAL	FINAL	
<input type="text"/>				
<input type="text"/>				
<input type="text"/>				

- CÓDIGOS DE RESULTADO
- 01. Completa
  - 02. Rechazo
  - 03. Ausente momentáneo
  - 04. Ausente temporal
  - 05. Ausente no recuperable
  - 06. Vivienda desocupada
  - 07. Cambio de uso
  - 08. Incompleta
  - 1. Otro: \_\_\_\_\_

Encuestador

Supervisor



III. Condiciones habitacionales

1. El tipo de vivienda ocupada por el hogar es:

- 1.  Casa
- 2.  Apartamento
- 3.  Cuarto(s) en
- 4.  Cuarto(s) en otro tipo de
- 5.  Vivienda indígena
- 6.  Otra vivienda (carpa, vagón, embarcación, cueva, refugio natural, puente)

2. ¿El material predominante de las PAREDES exteriores de la vivienda ocupada por el hogar

- 1.  Bareque revocado
- 2.  Bareque sin revocar
- 3.  Madera burda, tabla,
- 4.  Guadua, caña, esterilla, otro
- 5.  Bloque ladrillo, piedra, madera
- 6.  Material prefabricado
- 7.  Tierra pisada, adobe
- 8.  Zinc, tela, cartón, latas, desechos,
- 9.  Sin paredes
- 10.  Otro: \_\_\_\_\_

3. ¿El material predominante de los PISOS de la vivienda es?

Observe y anote. Solo en caso de duda, pregunte.

- 1.  Madera pulida y lacada, parqué
- 2.  Mármol
- 3.  Alfombra o tapete de pared a pared
- 4.  Baldosas, vinilo, tableta o ladrillo, caucho, otros Materiales sintéticos
- 5.  Madera burda, madera en mal estado tabla o tablón
- 6.  Cemento o gravilla
- 7.  Tierra o arena
- 1.  Otro: \_\_\_\_\_

4. Inuyendo sala y comedor ¿de cuantos CUARTOS dispone este

Excluya cocinas, baños, garajes y cuartos destinados a negocios.

5. ¿En cuantos de esos cuartos duermen las personas de este hogar?

6. Con cuales de los siguientes servicios públicos, privados o comunales cuenta la vivienda:

Observe y anote. Solo en caso de duda, pregunte.

- |   | Si                         | No                         |
|---|----------------------------|----------------------------|
| 1. Energía eléctrica.....                   | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> |
| 2. Gas natural conectado a red pública..... | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> |
| 3. Acueducto.....                           | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> |
| 4. Alcantarillado.....                      | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> |
| 5. Recolección de basuras.....              | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> |

Verbo por verbo

7. ¿Cómo eliminan PRINCIPALMENTE la basura en este hogar?

- 1.  La recogen los servicios de aseo (públicos o privados)
  - 2.  La queman
  - 3.  La entierran
  - 4.  La botan a un río o quebrada, caño, laguna
  - 5.  La botan a un patio, lote, zanja o bladio
  - 6.  La recoge un servicio informal (zorra, carreta, etc.)
- Otro: \_\_\_\_\_

8. El servicio sanitario que utiliza este hogar es:

Se refiere al sistema usado por acumulación y eliminación de excretas

- 1.  Inodoro conectado a alcantarillado?
- 2.  Inodoro conectado a pozo séptico?
- 3.  Inodoro sin conexión a alcantarillado no pozo séptico?
- 4.  Letrina (pozo negro, hoyo?)
- 5.  No tiene sanitario?
- 6.  Otro: \_\_\_\_\_

9. El servicio sanitario que utiliza este hogar es:

- 1.  ¿De uso exclusivo de las personas de este hogar?
- 2.  ¿Compartido con personas de otros hogares?

10. ¿Tiene ducha o regadera conectada a ACUEDUCTO?

- 1.  Si
- 2.  No

11. En donde preparan los alimentos las personas de este hogar:

- 1.  En un espacio exclusivo para cocinar
- 2.  En un espacio NO exclusivo para cocinar
- 3.  No preparan alimentos
- 4.  En ninguna parte, no tienen cocina



El conocimiento es de todos

Colciencias

12. La cocina o sitio para preparar los alimentos es:

- 1  De uso exclusivo del hogar
- 2  Compartido con otros hogares

13. Con que energía o combustible codnan PRINCIPALMENTE en este hogar

- 1  Electricidad
- 2  Petróleo, gasolina, kerosene, alcohol, cocinol
- 3  Gas natural conectado a red pública
- 4  Gas propano en cilindro o pipeta
- 5  Leña, madera o carbón de leña
- 6  Carbon Mineral
- 7  Materiales de desecho
- 2  Ninguno

14. ¿Que tipo de alumbrado utilizan PRINCIPALMENTE en este hogar?

- 1  Eléctrico
- 2  Solar, bioenergía, otros
- 3  Kerosene, petróleo, gasolina
- 4  Vela
- 5  Ninguno

15. ¿Cuánto tiempo gastan en ir y volver por agua?

Anote la cantidad en minutos. Si son más de 59 registre horas y minutos.

Horas Minutos

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

- 1  En el sitio
- 3  Ns/Nr

16. Cual es la principal fuente de agua que utilizan para realizar EL ASEO PERSONAL (baño y lavado de manos)

- 1  Acueducto público
- 2  Acueducto comunal o veredal
- 3  Pozo con bomba
- 4  Pozo sin bomba, jaguey
- 5  Agua lluvia
- 6  Manantial, nacimiento
- 7  Río, quebrada
- 8  Pila pública
- 9  Carrotanque
- 10  Aguatero
- 11  Agua embotellada o en bolsa
- 12  Donación
- 1  Otro: \_\_\_\_\_



La salud es de todos

Minsalud



17. Cual es la principal fuente de agua que utilizan para LAVAR los alimentos y utensilios en el hogar

- 1  Acueducto público
- 2  Acueducto comunal o veredal
- 3  Pozo con bomba
- 4  Pozo sin bomba, jaguey
- 5  Manantial, nacimiento
- 6  Río, quebrada
- 7  Aguatero
- 8  Agua embotellada o en bolsa
- 9  Donación
- 10  Agua lluvia
- 11  Pila pública
- 12  Carrotanque
- 1  Otro: \_\_\_\_\_

16. ¿Cuál es la principal fuente de agua que utilizan para consumo?

- 1  Acueducto público
- 2  Acueducto comunal o veredal
- 3  Pozo sin bomba, jaguey
- 4  Río, quebrada
- 5  Aguatero
- 6  Agua lluvia
- 7  Agua embotellada o en bolsa
- 8  Donación
- 9  Pila pública
- 10  Agua lluvia
- 11  Pila pública
- 12  Carrotanque
- 1  Otro: \_\_\_\_\_

18. ¿Cuál es el principal tratamiento que le realizan al agua que usan para BEBER en este hogar?

- |  |   |
|--|---|
| 1 <input type="checkbox"/> Cloro             | 6 <input type="checkbox"/> Ozono                                |
| 2 <input type="checkbox"/> Pastillas         | 7 <input type="checkbox"/> La decantan o usan filtros naturales |
| 3 <input type="checkbox"/> Hervido           | -1 <input type="checkbox"/> Otro: _____                         |
| 4 <input type="checkbox"/> exposición al sol | -2 <input type="checkbox"/> Ninguno                             |
| 5 <input type="checkbox"/> Filtros           |   |

17. ¿Cuál es el principal tratamiento que le realizan al agua que usan para PREPARAR los alimentos en este hogar?

- |  |   |
|--|---|
| 1 <input type="checkbox"/> Cloro             | 6 <input type="checkbox"/> Ozono                                |
| 2 <input type="checkbox"/> Pastillas         | 7 <input type="checkbox"/> La decantan o usan filtros naturales |
| 3 <input type="checkbox"/> Hervido           |   |
| 4 <input type="checkbox"/> Exposición al sol | -1 <input type="checkbox"/> Otro: _____                         |
| 5 <input type="checkbox"/> Filtros           | -2 <input type="checkbox"/> Ninguno                             |



IV. CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS

1. La vivienda ocupada por este hogar es:

- 1  Propia, Totalmente pagada
- 2  Propia, la están pagando
- 3  En arriendo o subarriendo
- 4  en usufructo con permiso del propietario, sin pago alguno
- 5  Posesión sin título (ocupante de hecho)
- 6  Propiedad colectiva
- 1  Otra: \_\_\_\_\_

2. ¿Cuáles de los siguientes servicios o bienes en uso posee este hogar?

- Ventilador o abanico
- Estufa eléctrica o de gas
- Servicio de internet
- Bicicleta
- Motocicleta para uso del hogar
- Carro particular o automóvil para uso del hogar
- Radio
- Telefono celular
- Televisión

V. COMPOSICIÓN DEL HOGAR

"Por favor dígame los nombres y apellidos completos de las personas que habitualmente viven en este hogar, hayan dormido o no la noche anterior aquí. Comencemos por el jefe(a) del hogar, luego el cónyuge, hijos de mayor a menor edad, otros parientes y otros no parientes"

1. Numero de orden de la persona

2. Nombres y apellidos \_\_\_\_\_

N° Contacto N°1 \_\_\_\_\_

N° Contacto N°2 \_\_\_\_\_

3. Vive Habitualmente aquí 1. Si  2. No

4. Cual es la fecha de nacimiento Dia   Mes   Año

*Si no conoce el día, mes o año escriba "3" en la casilla que corresponda*

5. Cuantos años cumplidos tiene (...) 1. años   2. Meses   *(Solo para menores de un año)*

*Si es menor de 1 año, anote los meses*

6. Sexo 1.  Hombre → **Pase a la 9**

2.  Mujer

3.  Otro

7. Mujer entre 10 y 49 años ¿(...) está embarazada actualmente? 1. Si  2. No

8. Mujer entre 10 y 49 años ¿(...) está amamantando actualmente? 1. Si  2. No

9. ¿Cuáles el parentesco de (...) con el jefe del hogar? 1. Jefe del hogar

10. De acuerdo con su cultura, pueblo, rasgos físicos, ¿(...) se reconoce o se reconoce

- 1  Indígena
- 2  Gitano/rom
- 3  Raíz del archipiélago
- 4  Palanquero(a) de San Basilio
- 5  Negro/mulato/a afrocolombiano(a), afrodescendiente
- 6  Ninguno de los anteriores (mestizo)

11. Nació en: 1.  En este Municipio **Pase a la 13**

2.  Otro municipio

3.  Otro país

12. En cual municipio y departamento nació    Municipio \_\_\_\_\_

Departamento \_\_\_\_\_

13. Siempre ha vivido en este municipio? (Donde esta haciendo la entrevista) 1. Si  2. No

14. ¿Cuántos años continuos hace que vive (...) en este municipio Años

1. Numero de orden de la persona

2. Nombres y apellidos \_\_\_\_\_

N° Contacto N°1 \_\_\_\_\_

N° Contacto N°2 \_\_\_\_\_

3. Vive Habitualmente aquí 1. Si  2. No

4. Cual es la fecha de nacimiento Dia   Mes   Año

*Si no conoce el día, mes o año, escriba "3" en la casilla que corresponda*

5. Cuantos años cumplidos tiene (...) 1. Años

2. Meses   *(Solo para menores de un año)*

6. Sexo 1.  Hombre → **Pase a la 9**

2.  Mujer

3.  Otro

V. COMPOSICIÓN DEL HOGAR (continúa)

7. Mujer entre 10 y 49 años ¿(---) está embarazada actualmente?

1.Si  2.No

8. Mujer entre 10 y 49 años ¿(---) está amamantando actualmente?

1.Si  2.No

9. ¿Cuál es el parentesco de (---) con el jefe del hogar?

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 2. Pareja/esposo/conyuge | 10. Cuñada(o)   |
| 3. Hijo/hija             | 11. Tio(a)  |
| 4. Nuera/yerno           | 12. Sobrino(a)  |
| 5. Nieta/o               | 13. Primo(a)  |
| 6. Padre/madre           | 14. Hijo(a) no biológico(a)                                 |
| 7. Abuelo/(a)            | 15. Otro familiar   |
| 8. Suegro/(a)            | 16. No pariente   |
| 9. Hermana/(o)           | 17. Empleada doméstica o cuidadero                          |
|                          | 18. Hijo(a) o familiar de la empleada doméstica o cuidadero |

10. De acuerdo con su cultura, pueblo, rasgos físicos, ¿(---) es o se reconoce

1.  Indígena
2.  Gitano/rom
3.  Raizal del archipiélago
4.  Palanquero(a) de San Basilio
5.  Negro/mulato/ afrocolombiano(a), afrodescendiente
6.  Ninguno de los anteriores (mestizo)

11. Nació en:

1.  En este Municipio
2.  Otro municipio
3.  Otro país



**Pase a la 13**

12. En cual municipio y departamento nació

Municipio \_\_\_\_\_  
 Departamento \_\_\_\_\_

13. Siempre ha vivido en este municipio? (Donde esta haciendo la entrevista)

1.Si  2.No

14. ¿Cuántos años continuos hace que vive (---) en este municipio

Años

1. Numero de orden de la persona

2. Nombres y apellidos \_\_\_\_\_

N° Contacto N°1 \_\_\_\_\_

N° Contacto N°2 \_\_\_\_\_

3. Vive Habitualmente aqui 1.Si  2.No

4. Cual es la fecha de nacimiento Dia  Mes  Año   
 Si no conoce el día, mes o año, escriba "3" en la casilla que corresponda

5. Cuantos años cumplidos tiene (---)

1. años  2. Meses   
 Si es menor de 1 año, anote los meses. (Solo para menores de un año)

6. Sexo 1.  Hombre → **Pase a la 9**

2.  Mujer

3.  Otro

7. Mujer entre 10 y 49 años ¿(---) está embarazada actualmente?

1.Si  2.No

8. Mujer entre 10 y 49 años ¿(---) está amamantando actualmente?

1.Si  2.No

9. ¿Cuál es el parentesco de (---) con el jefe del hogar?

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| 2. Pareja/esposo/conyug | 10. Cuñada(o)   |
| 3. Hijo/hija            | 11. Tio(a)  |
| 4. Nuera/yerno          | 12. Sobrino(a)  |
| 5. Nieta/o              | 13. Primo(a)  |
| 6. Padre/madre          | 14. Hijo(a) no biológico(a)                                 |
| 7. Abuelo/(a)           | 15. Otro familiar   |
| 8. Suegro/(a)           | 16. No pariente   |
| 9. Hermana/(o)          | 17. Empleada doméstica o cuidadero                          |
|                         | 18. Hijo(a) o familiar de la empleada doméstica o cuidadero |

10. De acuerdo con su cultura, pueblo, rasgos físicos, ¿(---) es o se reconoce

1.  Indígena
2.  Gitano/rom
3.  Raizal del archipiélago
4.  Palanquero(a) de San Basilio
5.  Negro/mulato/ afrocolombiano(a), afrodescendiente
6.  Ninguno de los anteriores (mestizo)

11. Nació en:

1.  En este Municipio
2.  Otro municipio
3.  Otro país

**Pase a la 13**

12. En cual municipio y departamento nació

Municipio \_\_\_\_\_  
 Departamento \_\_\_\_\_

13. Siempre ha vivido en este municipio? (Donde esta haciendo la entrevista)

1.Si  2.No

14. ¿Cuántos años continuos hace que vive (---) en este municipio

Años

V. COMPOSICIÓN DEL HOGAR (continua)																									
<p>1. Numero de orden de la persona <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>2. Nombres y apellidos _____</p> <p>N° Contacto N°1 _____</p> <p>N° Contacto N°2 _____</p> <p>3. Vive Habitualmente aquí 1.Si <input type="checkbox"/> 2.No <input type="checkbox"/></p> <p>4. Cual es la fecha de nacimiento Día <input type="text"/> <input type="text"/> Mes <input type="text"/> <input type="text"/> Año <input type="text"/> <input type="text"/>  <b>Si no conoce el día, mes o año, escriba "3" en la casilla que corresponda</b></p> <p>5. Cuantos años cumplidos tiene (...)            1. años <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 2. Meses <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>  <b>Si es menor de 1 año, anote los meses (Solo para menores de un año)</b></p> <p>6. Sexo 1. <input type="checkbox"/> Hombre → <b>Pase a la 9</b>            2. <input type="checkbox"/> Mujer            3. <input type="checkbox"/> Otro</p> <p>7. Mujer entre 10 y 49 años ¿[...] está embarazada actualmente?            1.Si <input type="checkbox"/> 2.No <input type="checkbox"/></p> <p>8. Mujer entre 10 y 49 años ¿[...] está amamantando actualmente?            1.Si <input type="checkbox"/> 2.No <input type="checkbox"/></p> <p>13. Siempre ha vivido en este municipio? (Donde esta haciendo la entrevista)            1.Si <input type="checkbox"/> 2.No <input type="checkbox"/></p>	<p>9. ¿Cuál es el parentesco de [...] con el jefe del hogar?</p> <table border="0"> <tr> <td>2. Pareja/esposo/conyug</td> <td>10. Cuñada(o)</td> </tr> <tr> <td>3. Hijo/hija</td> <td>11. Tio(a)</td> </tr> <tr> <td>4. Nuera/yerno</td> <td>12. Sobrino(a)</td> </tr> <tr> <td>5. Nieta/o</td> <td>13. Primo(a)</td> </tr> <tr> <td>6. Padre/madre</td> <td>14. Hijo(a) no biológico(a)</td> </tr> <tr> <td>7. Abuelo/(a)</td> <td>15. Otro familiar</td> </tr> <tr> <td>8. Suegro/(a)</td> <td>16. No pariente</td> </tr> <tr> <td>9. Hermana/(o)</td> <td>17. Empleada domestica o cuidandero</td> </tr> <tr> <td></td> <td>18. Hijo(a) o familiar de la</td> </tr> </table> <p>10. De acuerdo con su cultura, pueblo, rasgos fisicos, ¿[...] es o se reconoce</p> <table border="0"> <tr><td>1. <input type="checkbox"/> Indígena</td></tr> <tr><td>2. <input type="checkbox"/> Gitano/rom</td></tr> <tr><td>3. <input type="checkbox"/> Raizal del archipiélago</td></tr> <tr><td>4. <input type="checkbox"/> Palanquero(a) de San Basilio</td></tr> <tr><td>5. <input type="checkbox"/> Negro/mulato/ afrocolombiano(a), afrodescendiente</td></tr> <tr><td>6. <input type="checkbox"/> Ninguno de los anteriores (mestizo)</td></tr> </table> <p>11. Nació en:            1. <input type="checkbox"/> En este Municipio <b>Pase a la 13</b>            2. <input type="checkbox"/> Otro municipio            3. <input type="checkbox"/> Otro país</p> <p>12. En cual municipio y departamento nació  <input type="text"/> <input type="text"/> Municipio _____  <input type="text"/> <input type="text"/> Departamento _____</p> <p>14. ¿Cuántos años continuos hace que vive [...] en este municipio            Años <input type="text"/> <input type="text"/></p>	2. Pareja/esposo/conyug	10. Cuñada(o)	3. Hijo/hija	11. Tio(a)	4. Nuera/yerno	12. Sobrino(a)	5. Nieta/o	13. Primo(a)	6. Padre/madre	14. Hijo(a) no biológico(a)	7. Abuelo/(a)	15. Otro familiar	8. Suegro/(a)	16. No pariente	9. Hermana/(o)	17. Empleada domestica o cuidandero		18. Hijo(a) o familiar de la	1. <input type="checkbox"/> Indígena	2. <input type="checkbox"/> Gitano/rom	3. <input type="checkbox"/> Raizal del archipiélago	4. <input type="checkbox"/> Palanquero(a) de San Basilio	5. <input type="checkbox"/> Negro/mulato/ afrocolombiano(a), afrodescendiente	6. <input type="checkbox"/> Ninguno de los anteriores (mestizo)
2. Pareja/esposo/conyug	10. Cuñada(o)																								
3. Hijo/hija	11. Tio(a)																								
4. Nuera/yerno	12. Sobrino(a)																								
5. Nieta/o	13. Primo(a)																								
6. Padre/madre	14. Hijo(a) no biológico(a)																								
7. Abuelo/(a)	15. Otro familiar																								
8. Suegro/(a)	16. No pariente																								
9. Hermana/(o)	17. Empleada domestica o cuidandero																								
	18. Hijo(a) o familiar de la																								
1. <input type="checkbox"/> Indígena																									
2. <input type="checkbox"/> Gitano/rom																									
3. <input type="checkbox"/> Raizal del archipiélago																									
4. <input type="checkbox"/> Palanquero(a) de San Basilio																									
5. <input type="checkbox"/> Negro/mulato/ afrocolombiano(a), afrodescendiente																									
6. <input type="checkbox"/> Ninguno de los anteriores (mestizo)																									
VI. SEGURIDAD ALIMENTARIA																									
"A continuación le haré unas preguntas relacionadas con la alimentación en su hogar en los últimos 30 días"																									
<p>1. En los últimos 30 días por falta de dinero u otros recursos ¿Alguna vez usted o algún adulto en su hogar dejó de desayunar, almorzar o cenar?            1.Si <input type="checkbox"/> 2.No <input type="checkbox"/> <b>Pase a la 4</b></p> <p>3. ¿Qué tipo de actividad (Diferentes opciones)  Sí No</p> <table border="0"> <tr><td>1. Pesca</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2. Minería</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2. Labores domésticas</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>4. Agricultura</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>5. Construcción</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>6. Ventas ambulantes</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>7. Otras actividades _____</td><td></td><td></td></tr> </table>	1. Pesca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. Minería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. Labores domésticas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. Agricultura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. Construcción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. Ventas ambulantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. Otras actividades _____			<p>2. Realizó alguna actividad para resolver la falta de dinero alimentación?             1.Si <input type="checkbox"/> 2.No <input type="checkbox"/> <b>Pase a la 4</b></p> <p>4. En los últimos 30 días por falta de dinero u otros recursos ¿Algun menor de 18 años dejó de desayunar, almorzar o cenar?             1.Si <input type="checkbox"/> 2.No <input type="checkbox"/></p>			
1. Pesca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
2. Minería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
2. Labores domésticas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
4. Agricultura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
5. Construcción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
6. Ventas ambulantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
7. Otras actividades _____																									

## ANEXO B

### Valores de referencia para muestras biológicas

Sustancia	Matriz	Grupo poblacional	Valor de referencia para exposición ambiental	Fuente	Valor de referencia para exposición ocupacional	Fuente
Mercurio	Sangre	Rango de 15 años en adelante para exposición ocupacional.	5 µg/L	WHO 2008	15 µg/L	WHO
	Orina	Todas las edades para exposición ambiental.	7 µg/L		25 µg/L	2008
	Cabello		1 µg/g		5 µg/g	

Fuente: OMS, 2008

## ANEXO C

### Valores permisibles para agua de consumo humano

Matriz	Valores límites permisibles
Mercurio	1,0 µg/L <sup>1</sup>
Plomo	15 µg por litro <sup>2</sup>
Arsénico	0.01 parte por millón (ppm) <sup>2</sup>
Cadmio	0,03 mg/L <sup>3</sup>

Fuente: Resolución 2115 de 2007

REQUISITO	ALIMENTO	LÍMITE MÁXIMO (mg/kg PESO FRESCO)
	Productos de la pesca y carne de pescados, excluidas las especies del numeral 7 de la presente tabla. El contenido máximo para los crustáceos se aplica a la carne de los apéndices y el abdomen. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares ( <i>Brachyura</i> y <i>Anomura</i> ), se aplica a la carne de los apéndices.	0,5
Mercurio - Hg	Carne de los siguientes pescados: Rape ( <i>Lophius species</i> ) Perro del norte ( <i>Anarhichas lupus</i> ) Bonito ( <i>Sarda sarda</i> ) Anguila ( <i>Anguilla species</i> ) Reloj ( <i>Hoplostethus species</i> ) Cabezudo ( <i>Coryphaenoides rupestris</i> ) Fletán ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ) Rosada del Cabo ( <i>Genypterus capensis</i> ) Marlin ( <i>Makaira species</i> ) Gallo ( <i>Lepidorhombus species</i> ) Salmonete ( <i>Mullus species</i> ) Rosada chilena ( <i>Genypterus blacodes</i> ) Lucio ( <i>Esox lucius</i> ) Tasarte ( <i>Orcynopsis unicolor</i> ) Capellán ( <i>Trisopterus minutus</i> ) Pailona ( <i>Centroscymnus coelolepis</i> ) Raya ( <i>Raja species</i> ) Gallineta nórdica ( <i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. vivipaus</i> ) Pez vela ( <i>Istiophorus platypterus</i> ) Pez cinto ( <i>Lepidopus caudatus</i> ), sable negro ( <i>Aphanopus carbo</i> ) Besugo o aligote ( <i>Pagellus species</i> ) Tiburón (todas las especies) Escolar ( <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> ) Esturión ( <i>Acipenser species</i> ) Pez espada ( <i>Xiphias gladius</i> ) Atún ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> )	1,0

## ANEXO D

## ANEXO E

### FORMATO DE ASENTIMIENTO INFORMADO

**Objetivo del estudio.** Evaluar las condiciones de salud de la población que habita en la Cuenca del Río Atrato y su relación a la exposición a contaminantes ambientales producto de la minería de oro.

**Procedimientos que se realizarán para la toma de muestras en las personas.** A cada participante se le tomará una muestra de sangre orina y cabello. Las muestras de sangre serán tomadas por venopunción en el antebrazo con tubos vacutainer (2 tubos de 4 mL cada uno), transportadas en frío al laboratorio y almacenadas en refrigeración hasta su análisis de las concentraciones de mercurio, plomo, arsénico y cadmio. Las muestras de cabello serán tomadas de la región occipital cortando muy cerca del cuero cabelludo y almacenadas en seco en sobres de papel etiquetados, hasta su posterior análisis. Las muestras de orina serán tomadas por parte de los mismos participantes con ayuda de los padres, previas instrucciones de los investigadores.

**Molestias o riesgos esperados.** La toma de muestras de sangre puede generar una ligera molestia o ardor al momento de la punción o de retirar la aguja al final de la toma muestra. Sin embargo, esto no supone ningún peligro para el participante. En algunos casos se puede producir una leve inflamación en el antebrazo al día siguiente de la muestra, lo cual puede ser aliviado con la aplicación de compresas con hielo, sin necesidad de medicamentos. La toma de muestra de cabello no genera molestias y no representa ningún riesgo para el paciente, debido a que es un procedimiento no invasivo. No hay procedimientos alternativos para la toma de muestras planteadas en este estudio.

Hola mi nombre es \_\_\_\_\_ y trabajo en el laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental de la Universidad de La Córdoba. Actualmente el grupo de Aguas, Química, Aplicada y Ambiental está realizando un estudio para conocer acerca de **GRADO DE CONTAMINACIÓN POR MERCURIO Y OTRAS SUSTANCIAS TÓXICAS, Y SU AFECTACIÓN EN LA SALUD HUMANA EN LAS POBLACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO ATRATO, COMO CONSECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES DE MINERÍA** y para ello queremos pedirte que nos apoyes.

Tu participación en el estudio consistiría en permitir tomar una muestra de sangre orina y cabello por parte del personal especializado en el área de salud.

Tu participación en el estudio es voluntaria, es decir, aun cuando tus papá o mamá hayan dicho que puedes participar, si tú no quieres hacerlo puedes decir que no. Es tu decisión si participas o no en el estudio. También es importante que sepas que si en un momento dado ya no quieres continuar en el estudio, no habrá ningún problema, o si no quieres responder a alguna pregunta en particular, tampoco habrá problema.

Toda la información que nos proporciones/ las mediciones que realicemos nos ayudarán a evaluar el grado de contaminación en la salud por metales pesados.

Esta información será confidencial. Esto quiere decir que no diremos a nadie tus respuestas (O RESULTADOS DE MEDICIONES), sólo lo sabrán las personas que forman parte del equipo de este estudio. (SI SE PROPORCIONARÁ INFORMACIÓN A LOS PADRES, FAVOR DE MENCIONARLO EN LA CARTA)

Si aceptas participar, te pido que por favor pongas una ( ✓ ) en el cuadrado de abajo que dice "Sí quiero participar" y escribe tu nombre. Si no quieres participar, no pongas ninguna ( ✓ ), ni escribas tu nombre.

Sí quiero participar

Nombre: \_\_\_\_\_

Nombre y firma de la persona que obtiene el consentimiento:

\_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019

## ANEXO F

### FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO ADULTOS

**Problemática y Objetivo del estudio.** El departamento del Chocó es una de las regiones más ricas en metales preciosos del país. Desde tiempos de la colonia, este departamento ha sido un foco de explotación minera de oro, que ha implicado el uso de mercurio para lograr la amalgamación. Los efectos en la salud producidos por la exposición a mercurio están determinados por el tipo de mercurio involucrado (inorgánico y orgánico), generando una problemática de contaminación ambiental con metales pesados y consecuentemente un riesgo para la salud humana por exposición a estos contaminantes, que pueden acumularse en el agua y los alimentos (pescado, cultivos, ganado). La presente investigación se realiza con el objetivo de evaluar las condiciones de salud de la población que habita en la Cuenca del Río Atrato y su relación a la exposición a contaminantes ambientales producto de la minería de oro.

**Procedimientos que se realizarán para la toma de muestras en las personas.** A cada participante se le tomará una muestra de sangre orina y cabello. Las muestras de sangre serán tomadas por venopunción en el antebrazo con tubos vacutainer (2 tubos de 4 mL cada uno), transportadas en frío al laboratorio y almacenadas en refrigeración hasta su análisis de las concentraciones de mercurio, plomo, arsénico y cadmio. Las muestras de cabello serán tomadas de la región occipital cortando muy cerca del cuero cabelludo y almacenadas en seco en sobres de papel etiquetados, hasta su posterior análisis. Las muestras de orina serán tomadas por parte de los mismos participantes, previas instrucciones de los investigadores. Adicionalmente, se tomarán muestras de agua, pescado y otros alimentos consumidos en las zonas de estudio, para obtener mayor información sobre los niveles de contaminación con los metales pesados en estudio.

**Molestias o riesgos esperados.** La toma de muestras de sangre puede generar una ligera molestia o ardor al momento de la punción o de retirar la aguja al final de la toma muestra. Sin embargo, esto no supone ningún peligro para el participante. En algunos casos se puede producir una leve inflamación en el antebrazo al día siguiente de la muestra, lo cual puede ser aliviado con la aplicación de compresas con hielo, sin necesidad de medicamentos. La toma de muestra de cabello no genera molestias y no representa ningún riesgo para el paciente, debido a que es un procedimiento no invasivo. No hay procedimientos alternativos para la toma de muestras planteadas en este estudio.

**Beneficios que pueden obtenerse del estudio.** Los participantes podrán beneficiarse mediante el conocimiento de los niveles de metales pesados en sus muestras, como una medida del riesgo de efectos adversos en salud por exposición a estos contaminantes. Se destaca que este tipo de evaluaciones ofrecen a los participantes información adicional a la obtenida mediante los exámenes rutinarios en salud y puede servir como alerta temprana para tomar medidas preventivas o correctivas al respecto. Otro beneficio del estudio consiste en la transferencia de conocimiento sobre prevención y reducción de riesgo por exposición a estos contaminantes.

**Garantía de recibir información sobre el estudio.** Se garantiza a todos los participantes del estudio, dar respuesta a cualquier pregunta, recibir aclaración a cualquier duda acerca de los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación. Para información relacionada con el estudio puede comunicarse a esta dirección:

**José Luis Marrugo Negrete – Investigador principal**

Tel. (4) 7860381

Universidad de Córdoba. Cra. 6 # 76 – 103 Montería

Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental

**Confidencialidad de la información.** Toda la información obtenida de las muestras colectadas de los participantes del estudio, será manejada confidencialmente cuidando siempre la privacidad de los participantes. Las muestras colectadas serán utilizadas exclusivamente para los fines del proyecto.

**Compromiso de proporcionar información obtenida durante el estudio.** Al final del estudio, los resultados del análisis de las muestras tomadas a cada participante, se darán a conocer a cada uno de ellos.

**Disponibilidad de tratamiento médico e indemnizaciones.** Aunque el presente es un estudio de mínimo riesgo, se garantiza a cada participante del mismo, la disponibilidad de tratamiento médico y la indemnización a que legalmente tendría derecho, en caso de algún daño que afecte directamente su salud y que haya sido causado por algún procedimiento realizado durante el estudio.

### DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, \_\_\_\_\_ identificado con cédula de ciudadanía

Número \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

<input type="checkbox"/>	Acepto participar voluntariamente en este estudio y cooperaré respondiendo las preguntas de la encuesta que se aplicará y dando 8 ml de sangre, una muestras de orina y una de cabello, necesarias para los análisis correspondientes. Asimismo, declaro que he tenido la oportunidad de preguntar y que las inquietudes que he tenido, me han sido resueltas.
<input type="checkbox"/>	En _____ representación _____ legal _____ o _____ apoderado _____ de _____, declaro que participará voluntariamente en este estudio y cooperará respondiendo las preguntas de la encuesta que se aplicará y dando 8 ml de sangre, una muestras de orina y una muestra de cabello, necesarias para los análisis correspondientes. Asimismo, declaro que ha tenido la oportunidad de preguntar y que las inquietudes que ha tenido, le han sido resueltas.
<input type="checkbox"/>	En calidad de padre <input type="checkbox"/> o responsable <input type="checkbox"/> del niño(a), _____, autorizo su participación en este estudio y cooperaré respondiendo las preguntas de la encuesta que se aplicará y autorizo se le tomen una muestra de 8 ml de sangre, una muestras de orina y una muestra de cabello, necesarias para los análisis correspondientes. Asimismo, declaro que he tenido la oportunidad de preguntar y que las inquietudes que he tenido, me han sido resueltas.

Firma: \_\_\_\_\_

CC N° \_\_\_\_\_

<p><b>Testigo</b></p> <p>Nombre: _____</p> <p>N° de cédula: _____</p> <p>Dirección: _____</p> <p>Teléfono: _____</p> <p>Relación: _____</p> <p>Firma: _____</p>
---

Fecha: Día \_\_\_\_\_ / Mes \_\_\_\_\_ / Año 2019

## ANEXO F

### FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LOS PADRES

**Problemática y Objetivo del estudio.** El departamento del Chocó es una de las regiones más ricas en metales preciosos del país. Desde tiempos de la colonia, este departamento ha sido un foco de explotación minera de oro, que ha implicado el uso de mercurio para lograr la amalgamación. Los efectos en la salud producidos por la exposición a mercurio están determinados por el tipo de mercurio involucrado (inorgánico y orgánico), generando una problemática de contaminación ambiental con metales pesados y consecuentemente un riesgo para la salud humana por exposición a estos contaminantes, que pueden acumularse en el agua y los alimentos (pescado, cultivos, ganado). La presente investigación se realiza con el objetivo de evaluar las condiciones de salud de la población que habita en la Cuenca del Río Atrato y su relación a la exposición a contaminantes ambientales producto de la minería de oro.

**Procedimientos que se realizarán para la toma de muestras en las personas.** A cada participante se le tomará una muestra de sangre orina y cabello. Las muestras de sangre serán tomadas por venopunción en el antebrazo con tubos vacutainer (2 tubos de 4 mL cada uno), transportadas en frío al laboratorio y almacenadas en refrigeración hasta su análisis de las concentraciones de mercurio, plomo, arsénico y cadmio. Las muestras de cabello serán tomadas de la región occipital cortando muy cerca del cuero cabelludo y almacenadas en seco en sobres de papel etiquetados, hasta su posterior análisis. Las muestras de orina serán tomadas por parte de los mismos participantes, previas instrucciones de los investigadores. Adicionalmente, se tomarán muestras de agua, pescado y otros alimentos consumidos en las zonas de estudio, para obtener mayor información sobre los niveles de contaminación con los metales pesados en estudio.

**Molestias o riesgos esperados.** La toma de muestras de sangre puede generar una ligera molestia o ardor al momento de la punción o de retirar la aguja al final de la toma muestra. Sin embargo, esto no supone ningún peligro para el participante. En algunos casos se puede producir una leve inflamación en el antebrazo al día siguiente de la muestra, lo cual puede ser aliviado con la aplicación de compresas con hielo, sin necesidad de medicamentos. La toma de muestra de cabello no genera molestias y no representa ningún riesgo para el paciente, debido a que es un procedimiento no invasivo. No hay procedimientos alternativos para la toma de muestras planteadas en este estudio.

**Beneficios que pueden obtenerse del estudio.** Los participantes podrán beneficiarse mediante el conocimiento de los niveles de metales pesados en sus muestras, como una medida del riesgo de efectos adversos en salud por exposición a estos contaminantes. Se destaca que este tipo de evaluaciones ofrecen a los participantes información adicional a la obtenida mediante los exámenes rutinarios en salud y puede servir como alerta temprana para tomar medidas preventivas o correctivas al respecto. Otro beneficio del estudio consiste en la transferencia de conocimiento sobre prevención y reducción de riesgo por exposición a estos contaminantes.

**Garantía de recibir información sobre el estudio.** Se garantiza a todos los participantes del estudio, dar respuesta a cualquier pregunta, recibir aclaración a cualquier duda acerca de los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación.

Para información relacionada con el estudio puede comunicarse a esta dirección:

**José Luis Marrugo Negrete – Investigador principal**

Tel. (4) 7860381

Universidad de Córdoba. Cra. 6 # 76 – 103 Montería

Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental

**Confidencialidad de la información.** Toda la información obtenida de las muestras colectadas de los participantes del estudio, será manejada confidencialmente cuidando siempre la privacidad de los participantes. Las muestras colectadas serán utilizadas exclusivamente para los fines del proyecto.

**Compromiso de proporcionar información obtenida durante el estudio.** Al final del estudio, los resultados del análisis de las muestras tomadas a cada participante, se darán a conocer a cada uno de ellos.

**DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LOS PADRES.**

Yo, \_\_\_\_\_ identificado con cédula de ciudadanía

Número \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ mayor de edad.

En calidad de padre , madre  o responsable  del niño(a), \_\_\_\_\_, autorizo su participación en este estudio y cooperaré respondiendo las preguntas de la encuesta que se aplicará y autorizo se le tomen una muestra de 8 ml de sangre, una muestras de orina y una muestra de cabello, necesarias para los análisis correspondientes. Asimismo, declaro que he tenido la oportunidad de preguntar y que las inquietudes que he tenido, me han sido resueltas.

Firma: \_\_\_\_\_

CC N° \_\_\_\_\_

**Testigo**

Nombre: \_\_\_\_\_

N° de cédula: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Relación: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: Día \_\_\_\_\_ / Mes \_\_\_\_\_ / Año 2019

## CRONOGRAMA

N°	ACTIVIDADES	SEMESTRE I					SEMESTRE II			SEMESTRE III				SEMESTRE IV					
		MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCUTBRE	NOVIEMBRE
1	Recolección de información para la propuesta de investigación																		
2	Elaboración del planteamiento del problema, justificación y objetivos																		
3	Revisión de bibliografía, construcción del marco referencial																		
4	Construcción del protocolo (Diseño metodológico, cronograma y presupuesto)																		
5	Aplicación de la metodología (recolección de datos, procesamiento y análisis)																		
6	Análisis e interpretación de resultados																		
7	Redacción de documento final																		
8	Presentación del proyecto de investigación																		

## PRESUPUESTO

<b>PRESUPUESTO</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR</b>	<b>RECURSOS</b>
Actividades de recolección de datos	\$ 45.000.000	Económicos
Análisis de muestras humanas y animales	\$ 250.000.000	Tecnológicos
Sistematización	\$ 7.000.000	Humanos
Elaboración y presentación de los resultados	\$ 1.000.000	humanos
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 303.000.000</b>	

