



UNIVERSIDAD CES

Un compromiso con la excelencia

**Parámetros hematológicos y de la función renal asociados a la
exposición al mercurio en pobladores del Bajo Atrato-Colombia-
2019**

Mirna Yadira Robledo Moreno

**Universidad CES
Facultad de Medicina
División de Salud Pública**

Medellín

2022



UNIVERSIDAD CES

Un compromiso con la excelencia

Informe final trabajo de investigación

Parámetros hematológicos y de la función renal asociados a la exposición al mercurio en pobladores del Bajo Atrato-Colombia-2019

Mirna Yadira Robledo Moreno

Estudiante cohorte 35

Carlos Federico Molina Castaño

Director de Trabajo de Investigación y Coinvestigador

Grupo de Investigación: Epidemiología y Bioestadística

José Luis Marrugo Negrete

Coinvestigador Universidad de Montería

Grupo de Investigación en aguas, química aplicada y ambiental

Trabajo de investigación para optar por el título de

Magíster en Epidemiología

Universidad CES

Facultad de Medicina

División de Salud Pública

Medellín, octubre de 2022

Dedicatoria

La gloria y honra siempre serán para Dios; el resultado de este trabajo es dedicado principalmente a mi madre por su ejemplo e incondicionalidad, a mi esposo e hijos quienes me rodearon de amor y entendieron mis ausencias, a mis hermanos y sobrinos por recargarme de energía, a ese grupo de familiares que oraban por mí, a mis amigos del siempre sí por su confianza, a los compañeros laborales que motivaron mis inicios y apoyaron la culminación de este trabajo, al igual que el grupo de docentes CES que con sus conocimientos se convirtieron en luz para iluminar el camino que me permitiera llegar a la meta; no podría finalizar sin tener en cuenta a mi asesor principal, el Doctor Carlos Federico Molina por su carisma, sabiduría, paciencia, empatía y grandes enseñanzas.

Tabla de contenido

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	7
1.2 Pregunta de investigación	12
2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	13
2.3 Ciclo global del mercurio	16
3. HIPÓTESIS	30
3.1 Hipótesis alterna	30
3.2 Hipótesis nula	30
4. OBJETIVOS	31
4.1 Objetivo General	31
4.2 Objetivos específicos	31
4. METODOLOGÍA	32
a. Enfoque Metodológico de la investigación	32
c. Tipo de estudio	33
d. Población	34
5.3.1 Población de referencia	34
5.3.2 Población de estudio	34
5.3.3 Muestra	34
5.3.4 Muestreo	34
5.3.5 Criterios de inclusión	35
5.3.6 Criterios de exclusión	35
e. Variables	35
5.4.1 Variable dependiente	36
5.4.2 Variables Independientes o covariables	36
5.4.3 Tabla de variables	37

5.4.4 Diagrama de variables	40
a. Recolección de información	41
5.5.1 Fuentes de información.....	41
5.5.2 Técnicas de recolección de información	42
5.5.3 Instrumentos de recolección de información.....	42
5.5.4 Procedimientos de recolección de información.....	43
b. Control de errores y sesgos	43
c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	44
2. ASPECTOS ÉTICOS	47
3. RESULTADOS	50
4. DISCUSIÓN	71
5. CONCLUSIONES	76
REFERENCIAS	77

RESUMEN

Introducción. Los habitantes de las zonas mineras donde se extrae oro de manera artesanal están expuestos al mercurio (Hg), generando impactos negativos en la salud humana. En este estudio se determinó la relación entre los parámetros hematológicos y renales con las concentraciones de Hg en la población de la cuenca del río Atrato, Colombia. **Materiales y métodos.** Estudio transversal con representación poblacional en 731 adultos residentes en los Departamentos de Chocó y Antioquia, Colombia (Municipios de Riosucio, Bojayá, Vigía del Fuerte y Murindó), se aplicó una encuesta sobre factores sociodemográficos, ambientales y condiciones de salud relacionadas con la exposición al Hg. Además del hemoleucograma y la creatinina, se determinaron las concentraciones de Hg en sangre, orina y cabello. **Resultados.** Ciertas características se asociaron significativamente ($p < 0,05$) al aumento de la creatinina: las concentraciones de Hg en orina, la edad, la escolaridad, la práctica minera y el manejo de sustancias tóxicas; mientras que los niveles de hemoglobina se redujeron significativamente ($p < 0,05$) en la condición de ser mujer y vivir en zonas rurales; por último, el número de glóbulos blancos se vio significativamente afectado ($p < 0,05$) en las personas que realizaban actividades de pesca, almacenaban Hg y tenían pareja; a su vez, las concentraciones de Hg en el cabello y la edad se asociaron significativamente ($p < 0,05$) a la reducción del recuento de esta línea celular. **Conclusiones.** Este estudio fue financiado por Minciencias y realizado en el marco del Proyecto 849-2018: Evaluación del grado de contaminación por Hg 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 mineras; permitiendo conocer la relación entre la exposición al Hg con parámetros hematológicos y renales; evidenciando que las concentraciones de Hg en cabello y orina afectaron estos parámetros, así como las características socio demográficas asociadas a dicha exposición. La investigación busca el cumplimiento del compromiso asumido por Colombia con la firma del Convenio de Minamata (Art 12 y 19) generando un insumo técnico para formulación de medidas de manejo orientadas a reducir los riesgos generados por el mercurio en la población humana.

Palabras claves

mercurio, oro, exposición, sustancias tóxicas.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El mercurio (Hg) es un metal líquido a temperatura ambiente; se encuentra en la naturaleza en las formas o especies de mercurio elemental (o metálico), inorgánico (por ejemplo, el cloruro de mercurio) y orgánico (por ejemplo, el metilmercurio y el etilmercurio), todas las formas causan efectos tóxicos en el ser humano afectando a diferentes sistemas entre los que se resalta el sistema nervioso, digestivo, inmunológico, pulmonar, renal y dermatológico (1) (2) (3); debido a la gran incidencia negativa que tienen en la salud humana y en el medio ambiente, al ser usados de manera inadecuada, la Organización Mundial de la Salud-OMS listo al mercurio dentro de las diez sustancias químicas que constituyen una preocupación para la salud pública (1) (4).

Este metal tiene múltiples fuentes, tanto naturales como antropogénicas; las principales fuentes naturales comprenden el material eruptivo de los volcanes, la volatilización del mercurio desde medios acuáticos y marinos y las minas de mercurio principalmente en forma de mercurio elemental; las antropogénicas incluyen gran cantidad de procesos, entre los que se destacan la minería de oro y plata (mercurio metálico), la industria del cloro álcalis (sales de mercurio) y los fungicidas (metilmercurio) usados en la agricultura. El mercurio también es utilizado ampliamente en la odontología como amalgama (mercurio metálico) para el tratamiento de las caries dentales y como preservante de vacunas (timerosal, etilmercurio) (5) (6) (7).

Sin lugar a dudas una de las principales fuentes de exposición al mercurio es la minería del oro; existen diversas escalas de la explotación minera: gran minería, mediana minería y pequeña minería o minería artesanal; es así que la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en el 2004 informa que la minería artesanal del oro es desarrollada en promedio por 13 millones de personas (30% mujeres y 15% niños), generando del 20 al 30% del oro del mundo (500-800 toneladas anuales) (8) y se estima que esta actividad consume alrededor de 1000 toneladas anuales de mercurio, lo que corresponde al 30% de

la producción anual de este metal (9) donde el 50% del consumo proviene de Latinoamérica (10).

En Colombia, la minería de oro a pequeña escala (MAPE) es una fuente económica muy importante para la subsistencia (11) que ha generado graves consecuencias ambientales, debido a la utilización de tecnologías simples, pero no limpias (12) La producción de oro ha pasado de 35,8 toneladas en el 2005, a 53,6 en el 2010; se espera que incremente en un 51% por considerarse un eje clave para el crecimiento económico nacional (13)

El Departamento del Chocó, es una región selvática de clima cálido, reconocida como una de las regiones más lluviosas del país y por lo tanto húmeda con gran biodiversidad. Debido a la gran pluviosidad presente en la región, la agricultura (plátano, maíz, arroz, cacao y coco) como fuente económica es difícil de realizar, pero una de las prácticas culturales y mayor fuente de ingresos es la explotación minera de diversos metales, considerada una de las actividades económicas más antiguas en el mundo, dentro de los cuales se encuentran en orden de explotación el oro, platino, plata, caliza el molibdeno y el cobre (14); el desarrollo de la pesca fluvial y marítima ha sido poco explotado; abunda la riqueza maderera que en muchas ocasiones se realiza sin el cumplimiento de las normas medioambientales (14). La práctica minera en estas regiones es muy cultural, pues desde niños aprenden el uso de la batea (elemento circular de madera para lavar el oro) independientemente del sexo y la edad.

El departamento del Chocó es uno de los departamentos con mayor producción de oro en Colombia, donde anualmente son vertidos tanto a ríos como a suelos aproximadamente 200 toneladas de mercurio, y de las actividades mineras que allí se realizan solamente el 2% poseen licencia ambiental (15). El 90% de la extracción de oro en el Chocó proviene de operaciones realizadas a “cielo abierto” o aluvial ilegal, que requiere la remoción de tierra, lavado con agua proveniente del río y la amalgamación con mercurio líquido; mercurio que es difícil recuperarlo después del lavado debido a que este se volatiliza o queda suspendido en el agua siguiendo un ciclo en la atmosfera, tierra y agua; esta movilización del mercurio a otras cadenas tróficas genera procesos de bioconcentración y

biomagnificación, transformándose en mercurio orgánico (metilmercurio, se bioacumula en peces y crustáceos) (3), que es desencadenante de los efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente (16) (17).

En noviembre de 2016, la Corte Constitucional fallo una acción donde considera al Rio Atrato como sujeto de derechos y con obligación de protegerlo por parte del estado colombiano, teniendo en cuenta que éste como muchos otros ríos de Colombia, se encuentran afectados por la actividad minera ilegal de oro, en casi toda su extensión (18).

En la cuenca se encuentran múltiples comunidades afro descendientes e indígenas que habitan los municipios de Acandí, Bajo Atrato, Riosucio, Bojayá, Lloró, Medio Atrato, Quibdó, Río Quito, Unguía, Carmen del Darién (Curvaradó, Domingodó y Bocas), Bagadó y Carmen de Atrato, en Chocó. En los sedimentos de las desembocaduras del Río Quito, Puné y Atrato se han encontrado altas concentraciones de Hg-t > 0.10 ppm (16), lo que posibilita que se desencadenen afectaciones en los pobladores de estas comunidades.

La minería es considerada la principal causa de afectación en la población chocoana, afecciones que van desde leves a severas, tales como intoxicación, cáncer, alteraciones neurológicas, malformaciones fetales, daño de ciertos órganos como el riñón y la muerte; esto asociado a los residuos de la práctica minera y el empleo de mercurio en el desarrollo de la misma (16); los efectos en la salud pueden estar determinados por la forma química y dosis de mercurio; la edad o etapa de desarrollo de la persona expuesta, la duración y vía de exposición, incluida la inhalación, ingestión y contacto dérmico (19) (1).

Debido al uso indiscriminado del mercurio se han observado afectaciones humanas tanto de forma aguda como crónica que involucran todos los sistemas del organismo, ocasionando alteraciones algunas veces irreversibles en las células sanguíneas y frecuentemente en los riñones. En el Chocó de acuerdo al reporte de Información en la Resolución 4700 de 2008, la prevalencia de la enfermedad renal crónica terminal (ERCT) ajustada es de 28.17 x 100 habitantes y en Quibdó de 30.45 x 100.000 habitantes. Según

el Fondo Colombiano de Enfermedades de Alto Costo la ERCT es considerada la primera enfermedad de alto costo en fase 5 (20).

La enfermedad renal crónica (ERC), es un problema de salud pública mundial con una elevada prevalencia, de la cual se identifican muchos factores relacionados a su desarrollo o evolución como son: las enfermedades preexistentes y la exposición a nefrotoxinas ambientales; la toxicidad por el Hg se produce al organismo a través de la piel, inhalación o ingestión (2), este tiene gran afinidad por el riñón y por esta razón en la ERC el estudio de los efectos de estos metales pesados como el mercurio cobran importancia por el uso indiscriminado, que al ser desechados a las fuentes hídricas van a persistir por mucho tiempo al no ser biodegradables (21) .

Los pacientes con ERC pueden presentar anemia normocítica normocrómica paralelo a la pérdida de su función renal debida a la disminución de eritropoyetina y de la vida media de los glóbulos rojos (22). Se ha sugerido que el síndrome nefrótico posterior a la exposición al Hg es una reacción inmune antígeno-anticuerpo inespecífica (16); el cloruro mercúrico y el mono-metilmercurio bloquean la función de los linfocitos que son glóbulos blancos que circulan en la sangre y hacen parte del sistema inmunológico (23). En la actualidad existen pocos estudios de alteraciones hematológicas asociadas al uso y exposición del mercurio durante la actividad minera.

Investigaciones como la realizada en Indonesia en el año 2015 evidenciaron bajas de proteinuria, hemoglobina y hematocrito debido a la intoxicación por mercurio, por lo tanto, a medida que la función renal disminuye, esto afecta el recuento de los glóbulos rojos (19).

Por lo anteriormente relacionado, esta investigación permite determinar la relación de los parámetros hematológicos y de la función renal con los niveles de mercurio y las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias y sociales en adultos trabajadores de la minería y pobladores del Bajo Atrato.

Justificación

Debido al uso indiscriminado del mercurio se han observado afectaciones humanas tanto de forma aguda como crónica que involucran todos los sistemas del organismo, ocasionando alteraciones algunas veces irreversibles en las células sanguíneas y frecuentemente en los riñones. En el Chocó de acuerdo al reporte de Información en la Resolución 4700 de 2008, la prevalencia de la Enfermedad renal crónica terminal (ERCT) ajustada es de 28.17 x 100 habitantes y en Quibdó de 30.45 x 100.000 habitantes. Según el Fondo Colombiano de Enfermedades de Alto Costo la ERCT es considerada la primera enfermedad de alto costo en fase 5 (20), requiriendo así la intervención oportuna a nivel de prevención para garantizar el mejoramiento de la calidad de vida a estos pobladores, y más cuando en estas comunidades hay limitantes con respecto a la accesibilidad de atención en salud y recursos económicos. La prontitud en el diagnóstico médico orientado por el lugar de residencia y ocupación serán muy determinantes para evitar las múltiples consecuencias debido a este metal.

Los resultados de este estudio contribuyen a dar cumplimiento con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), donde los países se encuentran trabajando para alcanzar metas que puedan orientar las intervenciones en materia de salud tanto de recién nacidos como de adultos y que permitirán mejorar el acceso a los servicios, disponibilidad de calidad en el agua potable, saneamiento e higiene (24).

Adicionalmente Colombia se suscribió al “Convenio de Minamata” de 2013, que entró en vigor el 16 de agosto de 2017, cuyo objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio, este convenio alienta a los países a identificar y proteger mejor a las personas particularmente expuestas a los riesgos derivados del mercurio y destaca la necesidad de

prestar servicios sanitarios eficaces para todas las personas afectadas por esta exposición, con el respaldo del sector privado, sociedad civil y los ciudadanos (25).

Por lo cual la presente investigación podrá impactar de manera directa el propósito planteado por el convenio de Minamata.

Al no contar con un adecuado sistema de salud en estas comunidades se requiere el desplazamiento a otras ciudades y por esta razón se estima que el tratamiento por la exposición al mercurio tenga un valor aproximado de \$700.000 mil pesos o 225 dólares (15); con esta investigación se logra determinar la relación de los parámetros hematológicos y de la función renal con los niveles de mercurio y las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias y sociales en adultos trabajadores de la minería y pobladores del Bajo Atrato, que permitirán establecer planes encaminados a la prevención en salud, de estas comunidades, control y erradicación del uso de metales pesados en las actividades ocupacionales y de esta manera contribuir a mejorar la calidad de vida y a mostrar evidencias que motiven a la concientización del uso irracional del mercurio por parte de la comunidad; el aporte de esta información conllevará a la toma de decisiones clínicas de manera oportuna, para lograr prevenir afecciones o complicaciones humanas por causa de este metal; por lo tanto las políticas serán encaminadas al real cumplimiento y supervisión del objetivo del convenio Minamata y lo contemplado en la sentencia T-622 de la Honorable Corte Constitucional.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es la relación de los parámetros hematológicos y de la función renal con la exposición al mercurio en pobladores del bajo Atrato-Colombia, teniendo en cuenta las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias y sociales?

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Determinantes de la salud

La salud definida por la OMS como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades; definición vigente a la fecha que procede del Preámbulo de la Constitución de la Organización Mundial de la Salud y entró en vigor el 7 de abril de 1948 (26).

La epidemiología estudia la distribución y los determinantes de estados o eventos relacionados con la salud y la aplicación de esos estudios para controlar las enfermedades y otros problemas de salud (27).

Se inicia a hablar de determinantes de la salud de los individuos y sus poblaciones gracias al estudio presentado por el abogado y Ministro de Salud Pública de Canadá Marc Lalonde en 1974 quien designó un grupo de epidemiólogos para el estudio de las causas de muerte y enfermedad de los canadienses, resultando de su estudio el informe “New perspectives on the health of Canadians” (28).

Los determinantes se clasifican en dos grandes grupos (28):

1. Determinantes económicos, sociales y políticos (responsabilidad multisectorial)
2. Responsabilidad sector salud:
 - a) estilos de vida: hábitos personales y de grupo de la alimentación, utilización de los servicios de salud, etc.
 - b) medio ambiente: factores ambientales físicos, biológicos, de contaminación atmosférica, de contaminación química (de suelo, agua y aire), y los factores socio-culturales y psicosociales (relacionados con la vida en común)
 - c) biología humana: aspectos genéticos y biológicos de las personas
 - d) atención sanitaria: calidad, accesibilidad y financiamiento de los servicios de salud

Las acciones relacionadas con la protección de la salud van encaminadas a la vigilancia y control de la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos (28).

La Organización Mundial de la Salud en el año 2005 debido al gran aumento de las inequidades sanitarias en los diferentes países y con el objetivo de mitigarlas, establece la Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud, considerados estos como el conjunto de circunstancias en que nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen las personas; inclusive el sistema de salud, las cuales dependerán de las políticas adoptadas en cada país. El informe final de la Comisión publicado en agosto del 2008 propone tres recomendaciones: 1-mejorar las condiciones de vida cotidianas, 2-luchar contra la distribución desigual del poder, el dinero y los recursos y 3-medición y análisis del problema (29).

2.2 Características del mercurio

El mercurio está presente de manera natural en el aire, agua y los suelos (1); es uno de los elementos químicos más conocidos, el único metal que en condiciones normales se mantiene en estado líquido y de los pocos en reaccionar, fusionarse o diluir distintos metales como el oro y la plata, creando pastosidades; también logra formar amalgamas con minerales como el uranio, sodio, plomo y potasio; se encuentra de manera espontánea en la naturaleza, ya sea en estado metálico (como sal de mercurio) o como mercurio orgánico; los hallazgos científicos establecen que la exposición exagerada al mercurio desencadena graves consecuencias a la salud (30).

Color: plateado con tonos nacarados

Símbolo químico: Hg, deriva del griego hydrargyros (significa plata líquida)

Número atómico: 80

Peso: 200,59 u

Tensión superficial de 0.00484 New por cm (seis veces mayor que la correspondencia agua-aire, por esto no se une a ninguna área que roce con él).

Pertenece a la familia de los metales nobles, solo soluciones o ácidos oxidantes son capaces de disolverlo: Ácido nítrico, ácido sulfúrico puro y agua regia (30).

El mercurio a 25°C tiene una densidad de 13.456 g/ml, a 20°C la presión de vapor es de 0,00212 mm Hg, por esta razón un recipiente abierto con mercurio metálico y expuesto en un ambiente cerrado, desprende vapor con la capacidad suficiente para saturar la atmósfera y exceder el límite máximo permitido de exposición ocupacional (8).

En su forma sólida es muy suave, en entornos templados el metal no se corroe; sin embargo, a largas exposiciones de aire húmedo, logra cubrirse de una película muy fina de óxido. Se contrasta con otros metales, porque no es conductor de calor, pero sí conduce bien la electricidad; los recipientes que se emplean para contenerlo generalmente son de hierro (30).

2.2.1 Uso del mercurio

En la antigüedad los romanos utilizaban el mercurio rojo de manera cosmética y los chinos coloreaban laca, en la Edad Media se empleaba como color de cera con el que sellaban los escritos para ser autenticados, empleado en fabricación de piezas eléctricas como líquido de fricción, en lámparas de vapor, barógrafos, tacómetros y termostatos; muchos compuestos del mercurio son usados en la elaboración de pilas biocidas (control y eliminación de microorganismos), antisépticos en productos farmacéuticos, catalizador en la fabricación de sustancias para obtener tintes, productos aclaradores y cosméticos, desinfectantes y explosivos; en odontología en amalgamas de plata para depuraciones dentales; en los termómetros (donde las variaciones de su volumen por cada grado de temperatura es la misma, esto debido a que su coeficiente de dilatación normalmente permanece constante) (1) (30).

El mercurio es usado para separar y extraer el oro de las rocas o piedras en las que se encuentra, ya que el mercurio se adhiere al oro formando una amalgama que facilita su separación de la roca, arena u otro material (8).

El etilmercurio (tiomersal) es utilizado como conservante en algunas vacunas y no supone un riesgo para la salud, lo que lo hace ser muy diferente al metilmercurio (1).

2.3 Ciclo global del mercurio

El mercurio (Hg) es un metal líquido a temperatura ambiente; presente en la naturaleza en formas o especies de mercurio inorgánico y orgánico que pasan de un estado a otro por un ciclo global. El mercurio inorgánico comprende el Hg metálico y sus vapores, y los iones o sales: mercurioso (a) y mercúrico (a). El mercurio orgánico incluye los arilmercuriales, alquilvercuriales (R-Hg) y alcoxilalquilvercuriales (R-O-Hg) donde su principal exponente es el metilmercurio (31).

Existen diversas fuentes tanto naturales como antropogénicas del mercurio; las principales fuentes naturales comprenden el material eruptivo de los volcanes, la volatilización del mercurio desde medios acuáticos y marinos, y las minas de mercurio principalmente en forma de mercurio elemental; las antropogénicas incluyen gran cantidad de procesos, entre los que se destacan la minería de oro y plata (mercurio metálico), la industria del cloro álcalis (sales de mercurio) y los fungicidas (etilmercurio) usuales en la agricultura. El mercurio también es utilizado ampliamente en la odontología como amalgama (mercurio metálico) para el tratamiento de las caries dentales y como preservante de vacunas (timerosal, etilmercurio que es un alquilvercurial) (31).

En el ciclo global del mercurio encontramos: el mercurio elemental o metálico que se evapora principalmente procedente de volcanes y de los procesos de minería de oro pudiendo permanecer alrededor de un año en la atmosfera, este mercurio es transportado por las corrientes de aire a los ríos y los océanos y además puede sufrir una conversión a mercurio inorgánico para luego precipitarse en gotas de lluvia; una vez depositado en los

sedimentos o en el suelo en su forma de mercurio inorgánico suele formar complejos con la materia orgánica (principalmente ácidos fúlvicos y húmicos) y arcillas, cambiando así su forma a metilmercurio, el cual puede ser arrastrado a los ríos y océanos a manera de sedimento (31).

Un cambio importante del mercurio metálico que es transportado por la atmósfera y convertido en mercurio inorgánico luego de su precipitación sucede en los ríos y los océanos donde este es transformado por parte del metabolismo microbiano a metilmercurio, el cual se acumula en organismos vivos (bioacumulación) y se concentra en las cadenas alimentarias (biomagnificación) especialmente en los peces carnívoros, pero también en cultivos de arroz, maíz, diversos vegetales y sistemas acuáticos. El ciclo global del mercurio ha sido muy estudiado y reconocido en diferentes regiones del mundo. Todas las formas de mercurio son tóxicas y sus concentraciones en el medio ambiente han aumentado desde el inicio de la era industrial, lo que lleva a afectar a los seres humanos y a la vida silvestre (31)

2.4 Acumulación en el ambiente

La naturaleza es el principal contribuyente para la circulación del mercurio en el medio ambiente, siendo sus fuentes principales: la desgasificación de la corteza terrestre, las emisiones de los volcanes y la evaporación desde los cuerpos de agua; actualmente se encuentra mercurio en diversos medios y alimentos (especialmente el pescado) en niveles que afectan a los seres humanos y la vida silvestre. La actividad del hombre ha conllevado a la presencia de mercurio en suelos y sedimentos industriales contaminados provenientes de la minería y los emplazamientos (8).

El carbón al contener mercurio y otros contaminantes peligrosos de la atmósfera, estos son liberados al momento de su combustión para generar electricidad y calor en las plantas generadoras de electricidad, los quemadores industriales y las estufas domésticas (1).

Usualmente se detecta como sulfuro de mercurio (HgS) y rojo de cinabrio, pocas veces se encuentra como cinabrio negro, y muy rara vez como cloruro (30).

Normalmente el mercurio no suele encontrarse en los alimentos, pero sí en algunos pescados, ganados y vegetales que han sido contaminados por la polución ambiental que se genera al momento de la extracción de oro y plata donde son combinados con el metal para luego separarlos por destilación (30).

Existen tres formas del mercurio que difieren por su grado de toxicidad y sus efectos sobre los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, la piel, pulmones, riñones y ojos: elemental (metálico), inorgánico (sales de mercurio y óxido de mercurio, al que la gente se puede exponer en ciertos trabajos) y orgánico (el metilmercurio es la forma que se encuentra frecuentemente en agua y suelos, penetrando al cuerpo humano por vía digestiva) (8) (1).

El mercurio terrestre tiene un origen magmático, emanado de la desgasificación de fallas profundas o por evaporizaciones de fuentes de agua; iniciando así su ciclo biogeoquímico, pasando de la corteza terrestre al aire, el agua y los suelos; luego a las plantas y a los animales, por último al hombre; después el mercurio y sus compuestos reinician el ciclo en sentido inverso en formas sólida, disuelta, absorbida y gaseosa; esto explica las características únicas del mercurio para moverse en diferentes medios físicos y químicos (8).

Del mercurio presente en los medios ambientales, aproximadamente la mitad anualmente proviene de expulsiones volcánicas y de diversos procesos inorgánicos, la otra mitad proviene de acciones humanas (30).

En la práctica de la minería artesanal es usado para separar y extraer el oro de las rocas y piedras, uniéndose y formando una amalgama, que luego es calentada para que el oro se libere; este mercurio se evapora causando la inhalación del mismo y la posibilidad de dispersión a fuentes hídricas en forma de metilmercurio (mucho más tóxico que el mercurio

elemental y sales inorgánicas) contaminando de esa manera a peces, fauna, floras silvestres y por lo tanto no solo a quienes participan directamente de la minería sino a los que viven en los alrededores (8). El estudio Nacional del agua en 2014 informa que 200 toneladas de mercurio se vierten en Colombia anualmente a los ríos, por esta razón es la Nación con mayor contaminación por mercurio en América Latina (8) (15).

2.5 Implicaciones en salud

El mercurio tiene gran toxicidad y puede encontrarse en muchos productos de uso común que exponen la salud humana (17), donde la posibilidad de inhalación de los gases ocurre al romperse uno de estos elementos como termómetros, bombillos, entre otros (30).

La vía de exposición que más expone a los mineros es la inhalación del vapor de mercurio que es liberado durante la quema de las amalgamas y a menudo es realizado en presencia de otras personas o incluso dentro del hogar; esta exposición al mercurio elemental, conlleva al riesgo de padecer hidrargirismo o mercurialismo, que cursa con alteraciones funcionales expresadas en déficits orgánicos, neurológicos, cognitivos y psicológicos del individuo, desencadenando irritabilidad del tórax, alteración de la visión y la epidermis, provocando además agotamiento y malestar (8) (30).

Aproximadamente el 90 % de todo el metilmercurio presente en los alimentos es absorbido a través del sistema digestivo, tanto en el hombre como en los animales. La manifestación clínica causada por la intoxicación se conoce como “enfermedad de Minamata”, que cursa con daños neurológicos: ataxia, tremor, parestesias, parálisis cerebral, disminución de capacidad visual y auditiva, y alteraciones cardiovasculares, entre otros; sin olvidar su gran capacidad teratogénica, pueden presentarse estas manifestaciones en niños de madres que han estado expuestas a metilmercurio (MeHg), principalmente durante la última etapa de la gestación, ya que el metilmercurio puede atravesar fácilmente la placenta y la barrera sanguínea cerebral; esta exposición prenatal interfiere en el crecimiento y la migración de neuronas causando daños irreversibles al sistema nervioso central en desarrollo (8) (17).

En la lista de los metales pesados asociados a la lesión renal y a la progresión de la enfermedad renal crónica se encuentra el mercurio (Hg), estudios epidemiológicos realizados en animales y humanos comprueban la asociación entre la exposición ambiental a este metal y la presencia y progresión del daño renal crónico, importante conocer la fisiopatología del mercurio para entender el mecanismo de daño renal (21).

La enfermedad renal crónica ERC representa un problema de salud a nivel mundial, de alta prevalencia, para lograr su prevención es importante conocer los factores ambientales asociados con esta enfermedad; algunas formas de ERC están relacionadas con nefrotoxinas ambientales: exposición a metales pesados, micotoxinas en alimentos almacenados, contaminantes del aire y plaguicidas (21).

El estudio de los efectos tóxicos ocasionados por el mercurio ha cobrado importancia en los últimos 50 años debido a que los desechos de este como parte de la actividad minera, no son biodegradables por lo cual persisten en el medio ambiente por largos periodos de tiempo causando diversas afecciones (21).

La determinación de concentración de mercurio en orina es considerada como uno de los biomarcadores más exactos para comprender los niveles presentes en los riñones y sus posibles consecuencias (17).

El mercurio produce toxicidad al organismo a través de la piel, inhalación o ingestión (1), este tiene gran afinidad por el tejido renal; la nefrotoxicidad comúnmente se manifiesta como un síndrome nefrótico (puede ser reversible después de la eliminación total del metal) y lesión tubular; las pequeñas concentraciones de mercurio en cosméticos y en contacto ocupacional inducen nefropatía membranosa a largo plazo. El cloruro mercúrico y el monometilmercurio inhiben la función de los linfocitos humanos, incluyendo los de proliferación (21).

Se llevo a cabo un estudio en el sitio de trabajo de Bibiani-Ghana con mineros que realizaban la minería de oro artesanal en pequeña escala (MAPE), donde se analizaron

muestras de orina en búsqueda de proteínas y muestras de sangre para determinar mercurio y creatinina, con los resultados comprobaron la asociación entre la exposición excesiva al mercurio con la proteinuria y la tasa de filtración glomerular estimada reducida; encontrando un cumplimiento deficiente en el uso de los elementos de protección personal -EPP (32).

Las pruebas de función renal permiten conocer la evaluación sobre el filtrado glomerular del riñón (GFR), el índice de filtración glomerular se considera normal con un valor de referencia de 60 – 89 ml/minuto/1.73 m². La creatinina en sangre es producida por el metabolismo de los aminoácidos creatina y fosfocreatina, y una pequeña cantidad resulta por la ingestión de la carne; es filtrada libremente por los glomérulos, y no reabsorbida, pero hasta el 15% experimenta la secreción activa en el nefron, por lo tanto, está cerca a ser una sustancia ideal para la medición de GFR (33).

La anemia, definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la disminución de las cifras de hemoglobina, en hombres menor de 13 g/dl y en mujeres inferior a 12 g/dl; este hallazgo es frecuente en pacientes ancianos con una prevalencia 2,9-61% según la población estudiada (22).

Los pacientes con insuficiencia renal crónica (IRC) suelen presentar anemia normocítica normocrómica de manera paralela a la pérdida de función renal debido a la disminución de la síntesis de eritropoyetina y por lo tanto la disminución de la vida media de los hematíes; este tipo de anemia se trata con agentes estimulantes de la eritropoyesis (AEE) (22).

Los metales pesados tienen potencial efecto hematotóxico, contribuyendo así a desencadenar anemia; un estudio realizado en países de Asia Central en hospitales de Kazajstán, Kirguistán y Uzbekistán en el año 2014, con la intención de investigar la posible contribución de metales pesados a la presencia de anemia en niños, mediante el análisis de una muestra de cabello, se evidenció que el mercurio fue menor en Kazajstán que en Kirguistán ($p < 0,05$) y Uzbekistán ($p < 0,001$); el resultado del mercurio en niveles superiores a los esperados en el cabello de niños anémicos de la República Centroafricana

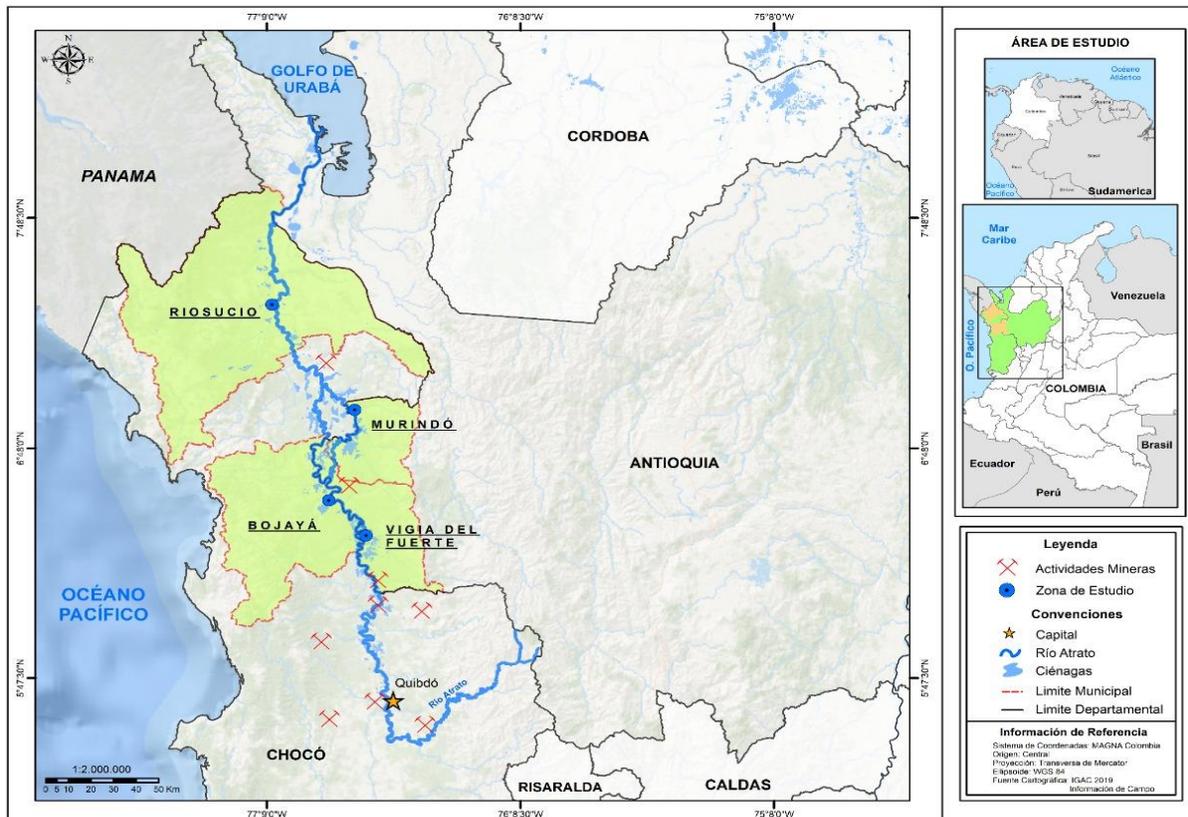
y al ser la anemia un problema de salud pública, permite el planteamiento de investigaciones para evaluar los riesgos de estas exposiciones a metales pesados y la contribución de los mismos a la anemia por deficiencia de hierro (34). Diversas revisiones de estudios observacionales muestran evidencia de los efectos hematotóxicos debido a la exposición al mercurio (35); la anemia no siempre se presenta por deficiencia de hierro, sino también debido a la exposición a tóxicos ambientales (metilmercurio entre otros), como el caso de la Amazonia peruana donde niveles elevados de concentraciones de mercurio en el cabello de niños que viven cerca de zonas de minería de oro artesanal y a pequeña escala (MAPE), se encuentra asociado a la presencia de anemia, además del estado de sus micronutrientes (36).

2.6 Contexto minero en el Chocó y bajo Atrato

Se busca que la práctica minera sea realizada de manera responsable en el territorio, permitiendo la participación de todos los actores; la Agencia Nacional de Minería-ANM en su visita por el Chocó identifica que este cuenta con 171 títulos mineros que representan el 5,1% de toda la superficie y se encuentran en las siguientes etapas: 55 en exploración, 5 en construcción y montaje, y 111 en explotación. El potencial minero del departamento es de oro y metales preciosos (99,9 % de las regalías del departamento) (37)(Figura 1).

Entre el año 2002 y el 2012 las autoridades mineras otorgaron 47 títulos mineros en el departamento que abarcaban más de 180.000 hectáreas. En el 2012, 15 empresas multinacionales poseían 83 concesiones mineras que abarcaban una totalidad de 209.000 hectáreas en: Quibdó (72.050 hectáreas), Riosucio (28.423 hectáreas), Carmen de Atrato (26.391 hectáreas), Bagadó (18.115 hectáreas), Medio Atrato (14.933 hectáreas), Acandí (11.638 hectáreas), Lloró (11.472 hectáreas), Tadó (10.683 hectáreas) y Sipí (7.519 hectáreas). Aunque ninguna de las empresas mineras de gran escala con título minero ha comenzado la etapa de explotación en el departamento, a Anglo Gold Ashanti se le otorgaron 94.899 hectáreas en títulos mineros (38).

Figura 1. Mapa de la población estudiada



Actualmente las concesiones mineras y las solicitudes de explotación minera abarcan más del 50 % del territorio Chocoano, aunque se encuentren muchas renunciaciones de los títulos mineros debido a los diferentes desafíos legales que se deben asumir con las comunidades y la falta de garantías de seguridad por la presencia de actores armados ilegales en estos territorios (38).

Aunque la Ley 70 de 1993 obliga al estado a dar prioridad a los consejos comunitarios y reservas indígenas, al otorgar permisos y títulos mineros, en el Chocó poco se cumple y menos cuando los grupos armados al margen de la ley y algunas comunidades locales son los involucrados en la extracción aurífera en zonas donde no ha existido minería artesanal como lo es en el bajo y medio Atrato. En estas comunidades donde tradicionalmente sobrevivían de la agricultura, se impone la cultura de minería facilista e ilegal, con graves consecuencias ambientales y humanas, dificultando el regreso a la agricultura como mecanismo de subsistencia (38).

2.7 Estado del arte

2.7.1 Ámbito internacional

La minería es una de las actividades económicas más antiguas del mundo, por esta razón las épocas de la prehistoria se clasifican según el uso de los minerales: edad de piedra, edad de bronce, edad de hierro. La actividad minera a nivel mundial se desarrolla con diferentes dimensiones, estas son fundamentalmente tres: gran minería, mediana minería y pequeña minería o minería artesanal (en países en desarrollo) (8).

De acuerdo al informe de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) del 2004, indirectamente 100 millones de personas dependen de la minería artesanal para subsistir, y de 13 millones de personas ocupadas directamente, el 30 % son mujeres y el 15 % son niños; según el informe del 2007 sobre la minería artesanal del oro por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), dice que se calcula que en la minería del oro artesanal y en pequeña escala participan entre 10 y 15 millones de mineros, de los cuales 4,5 millones son mujeres y 1 millón son niños. Se cree que la minería del oro artesanal y en pequeña escala produce entre el 20 y el 30 % del oro del mundo, es decir, al año entre 500 y 800 toneladas (8).

Debido a la crisis económica a nivel mundial, el incremento del precio del oro, el impacto del cambio climático en la vida agrícola o de pastoreo y el conflicto armado, han influenciado para que las personas recurran a esta actividad en países en desarrollo, incrementado así su práctica (8).

Las definiciones de “pequeña minería” varían de acuerdo al país; los criterios para definirlos son: costos de inversión, número de trabajadores, producción de mineral bruto, ventas anuales, tamaño de concesión, situación de reservas o combinación de estos criterios (8).

La pequeña minería o minería a pequeña escala: es la explotación de yacimientos por individuos, grupos, familias o cooperativas con uso de mecanización mínima o ninguna, donde prima el empirismo, la informalidad y la improvisación. En las regiones de la Minería Artesanal y en Pequeña Escala (MAPE), la pobreza generalizada y la exclusión social se agravan por los impactos ambientales que afectan directamente al ecosistema y a la salud humana. Esta actividad es realizada con herramientas y procesos técnicos rudimentarios, por esto y según la OIT, hay cinco riesgos principales para la salud asociados con la MAPE: la exposición al polvo (silicosis), la exposición al mercurio y a otros productos químicos, los efectos del ruido y la vibración, los efectos de la ventilación deficiente (calor, humedad, falta de oxígeno), efectos del esfuerzo excesivo, espacio insuficiente para trabajar y equipo inadecuado; lo que genera condiciones de alto riesgo ocupacional y prácticas ambientales que atentan contra el ecosistema y la población (8).

Durante más de veinte siglos se ha usado el mercurio, hasta fines del siglo XV se usaba como bermellón (cinabrio [HgS] finamente molido y mezclado con aceites de origen animal o vegetal], para la fabricación de pinturas y en medicina. El primer impulsador para el consumo de mercurio fue Bartolomé Medina, español que en 1557 pone en uso el método del “beneficio del patio” para la amalgamación en frío de los minerales de plata (8).

Regiones como el Ártico, donde se registran mínimas emisiones de mercurio, se han visto afectadas debido al transporte transcontinental y mundial del mercurio (8).

Es evidente la nocividad de la minería artesanal para la naturaleza, las comunidades y la vida misma; se hace énfasis en el carácter de subsistencia que tiene esta actividad para muchas comunidades y la ausencia de alternativas para las mismas. Hay ejemplos de buenas prácticas, como las metodologías preventivas aplicadas en Sanidad Laboral y Ambiental en las minas de Almadén, España (mayor productor mundial de mercurio elemental), la Iniciativa Oro Verde (Green Gold) en Colombia y el proyecto GAMA (Gestión Ambiental en la Minería Artesanal) en Perú; indican que, con incentivos y apoyo apropiados, la MAPE puede volverse responsable y sostenible. El mejoramiento del desempeño social y ambiental de la MAPE tendrá un impacto enorme en las vidas de

muchas de las familias más pobres en Latinoamérica, África y el sudeste asiático. Al ignorar esta situación solo se pospone el problema y se profundiza en la pobreza, la enfermedad, la desigualdad, el conflicto y la degradación ambiental en muchas regiones del mundo (8).

2.7.2 Ámbito nacional

Hay evidencias que desde 1820 se ha usado mercurio en la práctica de la minería, iniciando en una mina al sur de Bolívar. Anualmente se vierten a los ríos y suelos de Colombia 200 toneladas de mercurio (15).

La economía colombiana depende en gran parte de los recursos minero-energéticos, sin embargo para consolidar un modelo más integral y desarrollar todo el potencial en esta materia se requieren esfuerzos, para proteger a las poblaciones, la flora y fauna que se encuentran cerca a los lugares de explotación de mercurio (15).

Entre el 2001 y 2014 el país perdió aproximadamente 2038 hectáreas de cobertura boscosa por la actividad minera.

El gobierno Colombiano mediante el Ministerio de Minas y Energía y la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), a través del proyecto de Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI), con el apoyo de la Embajada de los Estados Unidos, por medio de la Sección de Asuntos Antinarcóticos y Aplicación de la Ley (INL), reportaron un incremento en el 2019 del 6% en el número de hectáreas con evidencias de explotación de oro de aluvión (EVOA) en Colombia; el 66 % de estas evidencias de explotación detectadas a partir de percepción remota, no cuenta con permisos técnicos y/o ambientales ni se encuentra en trámites para legalizar la actividad (39) .

Según el informe del año 2019, la EVOA se concentra altamente en tres departamentos: Antioquia, Chocó y Bolívar; con el 88 % de territorios social y ambientalmente vulnerables, donde se presenta la ilegalidad de diversas maneras, como es el cultivo de coca,

identificado en el 43 % de estos territorios (39).

La EVOA en tierra se presenta en el 52 % de las zonas excluibles de minería o protegidas ambientalmente, donde la ley determina que no se pueden ejecutar actividades de exploración y explotación minera; la reserva forestal del Pacífico, es considerada una de las más grandes reservas de biodiversidad del mundo donde se encuentra la tercera parte de la EVOA; de acuerdo al informe de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) el 79 % de la extracción aluvial de oro se encuentra principalmente en las regiones de Antioquia y el Chocó (39).

El Representante de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) en Colombia, Pierre Lapaque expresó “Esta serie histórica de observación y análisis del fenómeno es resultado de una cooperación técnica y estratégica muy fuerte. El Ministerio de Minas y Energía que propone gestionar información a través de un sistema de monitoreo que facilita el diseño de herramientas de política pública para enfrentar más eficazmente la explotación de oro de aluvión”. El Embajador de Estados Unidos, Philip S. Goldberg, manifestó: “Es crucial continuar con los esfuerzos mancomunados, de modo que podamos seguir acercando a las instituciones colombianas a las zonas de explotación de oro, y así, con ayuda de la cooperación internacional, fortalecer el sector minero, lejos de las manos de las organizaciones criminales y sobre todo contribuyendo a salvaguardar los derechos y la salud de la gente y la biodiversidad de Colombia.” De esta manera el Gobierno Colombiano en su estrategia se enfoca en reducir la explotación ilícita de minerales en las diversas etapas de producción, beneficio, transporte y comercialización(39).

2.7.3 Ámbito local

El departamento del Chocó cuenta con 30 municipios, 525.505 habitantes y una extensión territorial de 46.530 Km²; es uno de los mayores productores de oro en Colombia, donde el oro ocupa el 97,2% como su principal producto de exportación (40), pero solamente el 2 % de las minas poseen licencia ambiental, y por esta razón en la actualidad se enfrentan a las consecuencias de estas prácticas mineras(15).

En la minería informal a pequeña escala, es muy frecuente el uso del mercurio para el proceso de amalgamado, donde suele añadirse a todo el mineral durante la trituración, molienda y lavado; cuando la amalgamación es manual, generalmente solo el 10 % del mercurio agregado a un barril o a una batea se combina con el oro para producir la amalgama, y el 90 % que debería retirarse o reciclarse es liberado al medio ambiente (15); según la Organización Mundial de la Salud (OMS), este mercurio al contactar con las bacterias del medio ambiente cambia su estructura química, convirtiéndose en metilmercurio (forma más tóxica del metal) que es fácilmente absorbido por los peces (bioacumulación) (2), luego pasa por un proceso de bioamplificación; los grandes peces depredadores, tienen más probabilidades de presentar niveles elevados de mercurio por haber devorado a muchos peces pequeños que a su vez lo habrían ingerido al alimentarse de plancton (1), razón por la cual la principal fuente de contaminación es la dieta(15); donde la cocción de los alimentos no elimina el mercurio que se encuentra presente en ellos (1).

2.8 Normatividad ambiental del mercurio

El Convenio de Minamata de 2013, surge a raíz del envenenamiento por mercurio sufrido en 1956 en la Bahía de Minamata (Japón) por contaminación de aguas residuales, cuyo objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos del mismo (25).

En Colombia se cuenta con normas dedicadas exclusivamente al mercurio, donde se destaca la Ley 1658 del 15 de julio de 2013 “Ley de Mercurio”, la cual tiene como objetivo lograr la erradicación del mercurio en todo el país y de los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a 10 años y para la minería en un plazo máximo de 5 años; ante las deficiencias de la aplicación e implementación de la normativa, a un problema social y estructural en un estado que no garantiza acceso adecuado a supervivencia, y por supuesto, falta de educación y sensibilización frente a la problemática, se contempla la transformación tecnológica como una salida eficaz (15).

2.8.1 Límites permisibles del mercurio en sangre, orina, cabello

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido los siguientes “valores de referencia” de mercurio en población general: 20 µg/L en orina, 10 µg/L en sangre, y 2 µg/g en cabello; mientras el Instituto Nacional de Salud de Colombia (INS) ha establecido: mercurio: 50 µg/L en orina, 20 µg/L en sangre, y 5 µg/g en cabello (41).

Un estudio realizado entre 2015 y 2016 por el Ministerio de Salud de Colombia, el Instituto Nacional de Salud y con el apoyo de otras instituciones como la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (Codechocó), donde se encontraron en expuestos ocupacionales niveles de hasta 175,5 ug/l en sangre y la población expuesta ambientalmente presentó un máximo de 45,9 ug/l en sangre; en orina los mayores niveles se encontraron en los expuestos ocupacionales con valores entre 2 628 y 2 755.9 ug/l en orina (15).

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis alterna

Teniendo en cuenta las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias y sociales; existe correlación significativa entre la exposición al mercurio y la alteración de la función renal y los parámetros hematológicos en pobladores del bajo Atrato-Colombia.

3.2 Hipótesis nula

La exposición al mercurio no se correlaciona significativamente con las alteraciones de la función renal y hematológica en los pobladores del bajo Atrato-Colombia aun teniendo en cuenta las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias y sociales en dicha comunidad.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Determinar la relación de los parámetros hematológicos y de la función renal con las concentraciones de mercurio, teniendo en cuenta las características demográficas, ambientales, sanitarias, sociales y laborales de los pobladores del Bajo Atrato, Colombia 2019

4.2 Objetivos específicos

1. Describir las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias, sociales, laborales, niveles de mercurio, parámetros hematológicos y renales de la población adulta que habita en los 4 municipios seleccionados del Bajo Atrato.
2. Determinar la asociación entre las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias, sociales y laborales con los hallazgos de mercurio en matrices biológicas (sangre, orina y cabello).
3. Modelar la relación entre las variables sociodemográficas, niveles de mercurio (sangre, orina y cabello), parámetros hematológicos y de la función renal de pobladores en los municipios seleccionados del Bajo Atrato.

4. METODOLOGÍA

a. Enfoque Metodológico de la investigación

La base de datos trabajada provenía de un estudio de tipo descriptivo transversal, probabilístico con representatividad de los municipios que hacen parte de la cuenca del río Atrato, el estudio fue realizado en hogares y sus integrantes con desagregación por grupos de edad, describiendo condiciones sociodemográficas, ambientales y sanitarias; se estimaron los niveles de metales seleccionados (mercurio, plomo, arsénico, cadmio) en matrices biológicas (sangre, orina y cabello de acuerdo al metal), midiendo además la presencia de estos metales en muestras ambientales (agua de consumo y pescado); este estudio tuvo una duración aproximada de 30 meses. Con el apoyo de la Secretaría Departamental de Salud del Chocó y de Antioquia, y de las secretarías municipales de salud, se convocaron las personas en las áreas y lugares seleccionados; en dichas áreas fueron informadas acerca de la realización del estudio, explicando sus objetivos y características. Se les aplicaba una encuesta para coleccionar la información referente a las variables sociales y demográficas, antecedentes clínicos, hábitos alimenticios, variables ocupacionales y toxicológicas, entre otras; luego se verificaba que todos los campos de la encuesta estuvieran completamente diligenciados, en caso de información faltante o inconsistente, se realizaban los ajustes necesarios consultando nuevamente la fuente de información de manera directa o por otros medios.

Las encuestas realizadas fueron tabuladas en medio magnético y consolidadas en una base de datos única, para su posterior revisión, estandarización y análisis.

A cada participante, previa explicación de los procedimientos y firma del consentimiento informado (resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia), se les solicitó una muestra de orina y el profesional se encargaba de la extracción de la muestra de sangre venosa y corte de la sección del cabello.

El análisis de HgT (mercurio total) y MeHg (metilmercurio) en cabello fue realizado mediante un Analizador Directo de Mercurio DMA 80 TriCell Milestone siguiendo las instrucciones establecidas en el Método 7473 de la EPA, la muestra procesada fue analizada de forma similar a la de sangre y orina.

b. Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo se caracteriza por tener un orden riguroso, siendo secuencial y probatorio(42); características que se evidencian en esta investigación al pretender hacer mediciones precisas y que el análisis de estos resultados puedan ser generalizados en la población estudio; se recolecto información numérica de las matrices biológicas contempladas en una base de datos, correspondiente a la población de 4 municipios del Bajo Atrato: Riosucio, Murindó, Vigía del fuerte y Bojayá; los cuales fueron analizados mediante métodos estadísticos para determinar el desenlace planteado en esta investigación.

c. Tipo de estudio

Es un tipo de estudio descriptivo con intención analítica, donde la exposición al mercurio ocurre sin la intervención del investigador; con temporalidad transversal de fuente secundaria a partir del proyecto denominado “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 en el 2019”, este es un estudio de tipo descriptivo transversal, probabilístico con representatividad de municipios que hacen parte de la cuenca del río Atrato, realizado en hogares y sus integrantes por desagregación por grupos de edad, con descripción de las condiciones sociodemográficas, ambientales y sanitarias; a los sujetos del estudio se les realizo una medición de mercurio entre otros metales en matrices biológicas (orina, sangre y cabello) y muestras ambientales; esta información se encuentra en una base de datos que fue suministrada bajo criterios de confidencialidad por la Universidad de Córdoba para hacer el análisis de la asociación entre la exposición y los parámetros hematológicos y de función renal planteados en esta investigación en sujetos mayores de 15 años en los municipios seleccionados: Riosucio, Bojayá, Murindó y Vigía del Fuerte (43).

d. Población

5.3.1 Población de referencia

La población de referencia fueron pobladores del Bajo Atrato-Colombia subregión del Departamento Chocó donde el municipio más grande es Riosucio con 48.257 habitantes (44); comunidades donde es común la minería como fuente de ingresos, lo cual posibilita la exposición al mercurio por diversas fuentes y la búsqueda de las alteraciones esperadas.

5.3.2 Población de estudio

Fue analizada la base de datos con información de pobladores mayores de 15 años, donde se encontraban resultados de las determinaciones de mercurio en matrices biológicas (sangre, orina y cabello) y los exámenes paraclínicos (Bun, creatinina y hemograma completo) realizados en Riosucio, Bojayá, Vigía del fuerte y Murindó en el 2019.

5.3.3 Muestra

4 municipios seleccionados con representatividad muestral, donde el mínimo requerido eran 596 datos, se realizó sobre muestreo para evitar la pérdida de información, llegando a analizar un total de 731 datos correspondiente a los municipios de:

Riosucio

Bojayá

Vigía del fuerte

Murindó

5.3.4 Muestreo

No se realizó estrategia de muestreo en este estudio, pues fueron analizadas la información registrada en la base de datos de los 4 municipios seleccionados.

Se desarrollo un censo de los registros en los municipios seleccionados para este proyecto de investigación: Riosucio, Bojayá, Vigía del Fuerte y Murindó; registrados en la base de datos del proyecto inicial CT 849-2018 denominado “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” la cual fué suministrada por el grupo de investigación de la Universidad de Córdoba.

5.3.5 Criterios de inclusión

- Pobladores residentes en los municipios de Riosucio, Bojayá, Vigía del fuerte y Murindó del Bajo Atrato
- Mayores de 15 años
- Que hayan vivido en los municipios en los últimos 6 meses
- Información de resultados hematológicos y de función renal
- Información de la encuesta sociodemográfica y ambiental debidamente diligenciada mínimo al 90%

5.3.6 Criterios de exclusión

- Pobladores menores de 15 años

e. Variables

5.2 Descripción de las variables

- ✓ Condiciones sociodemográficas: municipio de procedencia, edad, sexo, oficio, escolaridad, estado civil, nivel del Sisbén, tipo de usuario SGSSS, raza, área de residencia, estrato socioeconómico.
- ✓ Condiciones ambientales: distancia de la casa en relación al lugar de la compraventa de oro, distancia de la casa de entable, años de permanencia en el sector, almacenamiento de mercurio en la casa, quema de amalgama de mercurio en la casa, vivir cerca de cultivos, almacenamiento de plaguicidas.
- ✓ Condiciones sanitarias: acceso a servicios públicos, procedencia del agua de consumo, procedencia del agua para necesidades básicas, material predominante de las paredes de la vivienda, material predominante de piso, cuenta con acueducto, cuenta con alcantarillado
- ✓ Condiciones laborales: ocupación, si es minero: utiliza mercurio en sus procesos, quema de amalgama, frecuencia de la quema de amalgama, utiliza elementos de

protección personal, utiliza mascarilla y qué tipo, utiliza retorta en la quema, ha sufrido intoxicación por mercurio.

- ✓ Condiciones de salud: es fumador, consume licor, frecuencia de consumo de licor, consumo drogas psicoactivas, diagnóstico de salud, se encuentra en estado de embarazo, antecedentes ginecológicos (número de hijos, abortos).
- ✓ Concentración de mercurio en matrices biológicas sangre, orina y cabello
- ✓ Resultados de hemoleucograma, creatinina y BUN

5.4.1 Variable dependiente

OBJETIVO	VARIABLE	NATURALEZA	NIVEL MEDICIÓN	MEDIDAS A CALCULAR	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
OBJETIVO 3 Modelar relación entre niveles de mercurio en matrices biológicas y parámetros hematológicos y de la función renal de pobladores del Bajo Atrato.	Resultado hemoleucograma	Cuantitativa	Intervalo	Mediana	Histograma
	Resultado de creatinina	Cuantitativa	Intervalo	Mediana	Histograma
	Resultado de BUN	Cuantitativa	Intervalo	Mediana	Histograma

5.4.2 Variables Independientes o covariables

OBJETIVO	VARIABLE	NATURALEZA	NIVEL MEDICIÓN	MEDIDAS A CALCULAR	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
OBJETIVO 1 Describir las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias, sociales y laborales de	Edad entre 18 a 65	Cuantitativa	Razón	Mediana	Histograma
	Sexo	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Proporción	Gráfico de barras múltiples
	Ocupación	Cualitativa Politómica	Nominal	Proporción	Gráfica de pastel
	Realización de quema de amalgama	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Proporción	Diagrama de barras

la población adulta que habita en el Bajo Atrato	Escolaridad	Cualitativa Politómica	Ordinal	Proporción	Diagrama circular
	Estado civil	Cualitativa Politómica	Nominal	Proporción	Diagrama de líneas
	Tiempo de permanencia en el sector	Cuantitativa	Razón	Media	Histograma
	Almacenamiento de mercurio en casa	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Proporción	Diagrama circular
	Quema de amalgama de mercurio en casa	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Proporción	Diagrama circular
	Residencia cerca de cultivos	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Proporción	Diagrama circular
	Almacenamiento de plaguicidas	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Proporción	Diagrama circular
OBJETIVO 2 Determinar la asociación entre las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias, sociales y laborales con los hallazgos de mercurio en matrices biológicas (sangre, orina y cabello).	Concentración de mercurio en sangre	Cuantitativa	Intervalo	Mediana	Histograma
	Concentración de mercurio en orina	Cuantitativa	Intervalo	Mediana	Histograma
	Concentración de mercurio en cabello	Cuantitativa	Intervalo	Mediana	Histograma

5.4.3 Tabla de variables

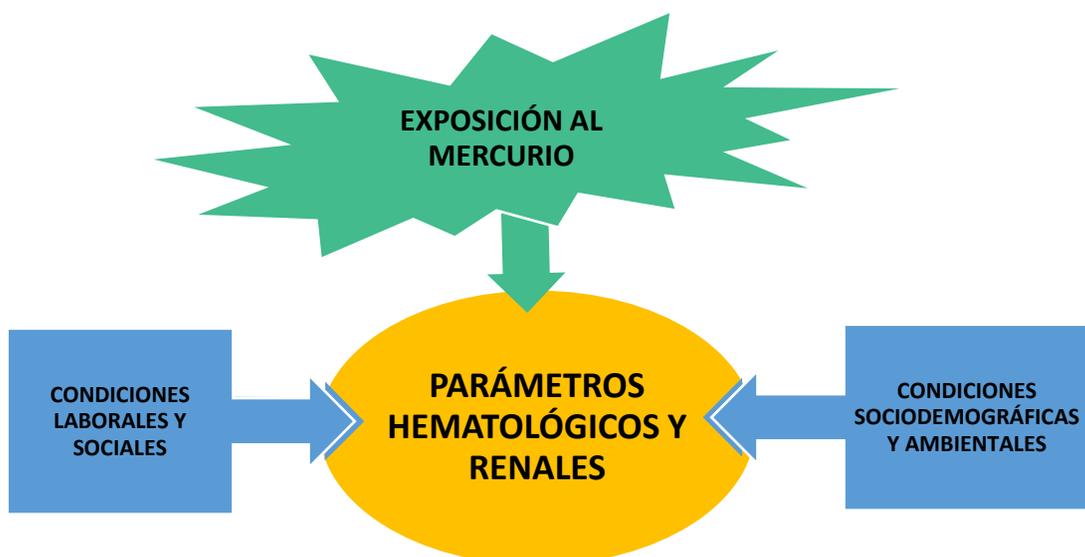
VARIABLE	DEFINICIÓN	NATURALEZA	NIVEL MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CATEGORIA
Edad (mayores de 15 años)	Tiempo de vida de una persona desde su nacimiento	Cuantitativa	Razón	Años	*NA
Sexo	Condición orgánica que distingue entre masculino y femenino	Cualitativa	Nominal	Hombre/Mujer	Dicotómica
Ocupación	Actividad laboral habitual, especialmente	Cualitativa	Nominal	Minero Docente agricultor	politómica

	la que requiere habilidad manual o esfuerzo físico.				
Realización de quema de amalgama	Proceso de separación térmica de la amalgama en oro y mercurio, evaporando el mercurio con un soplete o con otras fuentes de calor intenso.	Cualitativa	Nominal	sí/no	Dicotómica
Escolaridad	Grado o nivel educativo de una persona	Cualitativa	Ordinal	Analfabeto/primaria completa/primaria incompleta/ secundaria completa/ secundaria incompleta/técnico completo/técnico incompleto/universitario completo/universitario incompleto/otro	Politómica
Estado civil	Situación de las <u>personas físicas</u> determinada por sus relaciones de <u>familia</u> , provenientes del matrimonio o del <u>parentesco</u> , que establece ciertos <u>derechos</u> y <u>deberes</u> .	Cualitativa	Nominal	Con pareja Sin pareja	Dicotómica
Distancia de casa a compraventa de oro	Espacio entre lugar de residencia al lugar donde se compra y/o venden oro	Cualitativa	Nominal	Menos de 50 metros/de 50 a 100 metros de 100 a 300 metros/más de 500 metros	Politómica
Almacenamiento de mercurio en casa	Guardar mercurio en su lugar de residencia.	Cualitativa	Nominal	sí/no	Dicotómica
Quema de amalgama de mercurio en casa	Separación térmica de la amalgama en oro y mercurio evaporando el mercurio con un soplete o con otras fuentes de calor intenso en el lugar de residencia.	Cualitativa	Nominal	sí/no	Dicotómica
Residencia cerca de cultivos	Lugar de domicilio en cercanías de donde hay	Cualitativa	Nominal	sí/no	Dicotómica

	siembras.				
Almacenamiento de plaguicidas	Guardar o tener depósito de sustancias químicas utilizadas para destruir plagas de animales y plantas.	Cualitativa	Nominal	sí/no	Dicotómica
Concentración de mercurio	Cantidad de este metal	Cuantitativa	Razón	Ug/L	*N/A
Concentración de mercurio en sangre	Cantidad de mercurio en el análisis sanguíneo	Cuantitativa	Intervalo	µg/L	*N/A
Concentración de mercurio en orina	Cantidad de mercurio en el análisis de muestra urinaria	Cuantitativa	Intervalo	µg/L	*N/A
Concentración de mercurio en cabello	Cantidad de mercurio en el análisis de hebra de cabello	Cuantitativa	Intervalo	µg/g	*N/A
Resultado hemoleucograma	Hallazgo del análisis de la composición celular sanguínea	Cuantitativa	Intervalo	Glóbulos rojos: millones/mm ³ Glóbulos blancos: mil/mm ³ Plaquetas: /mm ³	*N/A
Glóbulos rojos	Son células sanguíneas que contienen hemoglobina, encargadas de transportar el oxígeno a diferentes tejidos corporales	Cuantitativa	Intervalo	Hombre: 4,35-5,65 mil millones de células/l* (4,35-5,65 mil millones de células/mcl**) Mujer: 3,92-5,13 mil millones de células/l* (3,92-5,13 millones de células/mcl)	*N/A
Hemoglobina	Pigmento rojo contenido en los hematíes de la sangre de los vertebrados, cuya función consiste en captar el oxígeno de los alveolos pulmonares y comunicarlo a los tejidos, y en tomar el dióxido de carbono de estos y transportarlo de nuevo a los pulmones para expulsarlo.	Cuantitativa	Intervalo	Hombres: 13,2 a 16,6 g/dl Mujeres: 11,6 a 15 g/dl	*N/A
Hematocrito	Volumen de glóbulos con	Cuantitativa	Intervalo	40 y el 50%"	*N/A

	relación al total de la sangre; se expresa de manera porcentual.				
Glóbulos blancos	son células parte del sistema inmunitario, cuya función es ayudar a combatir infecciones y otras enfermedades	Cuantitativa	Intervalo	3,4-9,6 mil millones de células/l (de 3400 a 9600 células/mcl)	*N/A
Plaquetas	Células sanguíneas. conocidas como trombocitos, que se forman en la médula ósea, son importantes en la coagulación de la sangre	Cuantitativa	Intervalo	150 a 400 × 10 ⁹ /L. o 50,000 a 400,000 por microlitro (mcl) o	*N/A
Resultado de creatinina	Hallazgo de la creatina, producto de desecho del tejido muscular	Cuantitativa	Intervalo	mg/dl	*N/A
Resultado de BUN	Hallazgo de nitrógeno ureico, formado al descomponer las proteínas	Cuantitativa	Intervalo	mg/dl	*N/A

5.4.4 Diagrama de variables



a. Recolección de información

5.5.1 Fuentes de información

La fuente de información para este estudio es de tipo secundaria, proviene de una base de datos recopilada de un estudio denominado “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”; realizado por la Universidad de Córdoba en el año 2019 en el Bajo Atrato y otros municipios.(45)

El estudio base fue un estudio tipo descriptivo, transversal, probabilístico con representación de la cuenca baja del río Atrato; el estudio se realizó en hogares y sus integrantes, describiendo las condiciones sociodemográficas, ambientales, laborales y sanitarias; con representatividad muestral y poblacional de los municipios evaluados, en donde se hizo una segmentación por municipios para obtener una representatividad, se obtuvieron participantes de todas las edades (niños y adultos) sin discriminación del sexo.

La selección de la muestra se realizó mediante un proceso polietápico sistemático, tuvo como marco muestral la cartografía de áreas urbanas y el listado de veredas y corregimientos para la zona rural.

Se aplicó una encuesta para evaluar las características sociodemográficas, ambientales, laborales y sanitarias; esta encuesta fue validada previamente en estudios realizados en comunidades mineras del país, la aplicación de la encuesta fue realizada por personal previamente capacitado y estandarizado en la revisión de la información.

Se estimaron las concentraciones de mercurio en sangre, orina y cabello; adicionalmente se calcularon los parámetros hematológicos de hemoglobina, hematocrito, recuento diferencial de células blancas, recuento de plaquetas, niveles de creatinina y BUN. La toma de la muestra fue realizada por microbiólogos y bacteriólogos con entrenamiento para la toma y todos los procedimientos fueron estandarizados.

Las muestras fueron transportadas con los debidos estándares de conservación.

Todas las muestras fueron analizadas en el laboratorio de toxicología de gestión ambiental de la Universidad de Córdoba, laboratorio habilitado y estandarizado para el procesamiento de las diferentes muestras.

5.5.2 Técnicas de recolección de información

La obtención de la información en el proyecto macro se realizó a partir de una encuesta para evaluar las características sociodemográficas, ambientales, laborales y sanitarias de la población; esta encuesta fue validada previamente en estudios realizados en comunidades mineras del país, la aplicación de la encuesta fue realizada por personal previamente capacitado y estandarizado en la revisión de la información.

Se estimaron las concentraciones de mercurio en sangre, orina y cabello; adicionalmente se calcularon los parámetros hematológicos de hemoglobina, hematocrito, recuento diferencial de células blancas, recuento de plaquetas, niveles de creatinina y BUN. La toma de la muestra fue realizada por microbiólogos y bacteriólogos con entrenamiento para la toma y todos los procedimientos fueron estandarizados.

Las muestras fueron transportadas con los debidos estándares de conservación.

Todas las muestras fueron analizadas en el laboratorio de toxicología de gestión ambiental de la Universidad de Córdoba, laboratorio habilitado y estandarizado para el procesamiento de las diferentes muestras.

5.5.3 Instrumentos de recolección de información

Al ser un estudio de fuente secundaria la información que se encuentra en la base de datos, será suministrada mediante medios de sistemas tecnológicos (en el estudio inicial la información fue recolectada mediante aplicación de encuestas y la toma de muestras biológicas de sangre, orina y cabello de los participantes).

A cada dato se le diligencio el Formulario: registro de datos investigación "Parámetros

hematológicos y de la función renal asociados a la exposición al mercurio en pobladores y pobladores del bajo atrato-2019". Ver Anexo 1

5.5.4 Procedimientos de recolección de información

Se solicitó en formato autorizado por la Universidad de Córdoba la base de datos con los resultados de las pruebas hematológicas, de función renal, niveles de mercurio e información sociodemográfica y ambiental obtenida de los municipios en estudio (Murindó, Vigía del Fuerte, Riosucio y Bojayá); solicitud firmada por el investigador principal y el Asesor interno. Ver Anexo 2

5.3 Prueba Piloto

El formulario diseñado para la verificación de la base de datos fué analizado por parte de los asesores del Proyecto con la finalidad de aprobar su utilidad para dar cumplimiento a los objetivos del mismo.

La prueba piloto se realizó con el 10% de los registros, con el fin de evaluar la totalidad de la información obtenida, verificación de errores de digitación y la calidad de la información.

b. Control de errores y sesgos

Sesgo de selección(43):

Se clasificaron de manera aleatoria 4 municipios de la base de datos del proyecto macro donde hay afluencia de prácticas mineras y con mayor número de habitantes, permitiendo la selección de individuos representativos de la población origen, tanto del contexto urbano como rural; los municipios seleccionados fueron: Riosucio, Bojayá, Vigía del fuerte y Murindó.

Sesgo de análisis(43): se identificaron y seleccionaron las variables de interés con sus respectivos métodos de medición, además de la realización de pruebas que permitieron una adecuada interpretación de los resultados.

Sesgo de temporalidad(43): solamente se buscó la asociación de la causa planteada con el efecto esperado en la investigación.

Sesgo de Prevalencia(43): al ser un proyecto de fuente secundaria, de un estudio transversal; se evaluó el desenlace teniendo en cuenta la exposición y características socioambientales y culturales.

Error de confusión(43): a las variables confusoras como la edad (mayores de 15 años) y el sexo se les realizó una regresión logística con análisis multivariado para evitar la sobre o subestimación de la asociación real en la investigación.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

PLAN DE ANÁLISIS

Se recibieron 3 bases de datos: una de las concentraciones de mercurio en sangre, orina y cabello, otra de los paraclínicos y la de la encuesta; además del archivo del diccionario de variables que permitiría una mejor comprensión de la base de datos.

Con el programa de Excel las bases de datos fueron fusionadas, dejando como resultado 731 datos.

Con el apoyo del paquete estadístico de SPSS versión 19; las variables cualitativas fueron recategorizadas (dicotomizadas) para mejorar el análisis e interpretación de los resultados.

Para lograr los objetivos propuestos se realizaron los siguientes análisis:

En el análisis univariado para la descripción de las variables categóricas (cualitativas) demográficas, sociales, clínicas y laborales, se calcularon las distribuciones de frecuencias relativas y absolutas (tablas de resúmenes).

Las variables cuantitativas fueron verificadas con el supuesto de distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk, al no distribuir de manera normal, se analizaron con la prueba U de Mann Whitney con un nivel de significancia del 5%; presentadas con su

promedio o media, mediana, respectivo rango intercuartílico y porcentaje de anormalidad de acuerdo a la presentación de la distribución de los datos.

De igual manera las variables de las concentraciones de mercurio en las diferentes matrices de sangre, orina y cabello son presentadas según el sexo en tablas con su promedio, mediana, respectivo rango intercuartílico y porcentaje de anormalidad de acuerdo a su distribución.

Se evaluó la existencia de diferencias significativas en las concentraciones de mercurio en sangre, cabello u orina con las variables sociodemográficas.

Las variables cuantitativas hematológicas y renales significativas fueron correlacionadas con las variables sociodemográficas.

En el análisis bivariado, fueron correlacionadas las concentraciones de mercurio en sangre, cabello y orina con las variables cuantitativas hematológicas y renales mediante los coeficientes de correlación de Spearman para la verificación de relación entre ellas.

Las variables candidatas a ingresar al modelo multivariado fueron seleccionadas según el criterio Hosmer Lemeshow con un valor de $p < 0,25$ lo que indica que son significativas para explicar la variable dependiente.

Se realiza la regresión lineal múltiple después de la transformación de las variables dependientes (parámetros hematológicas y renales) para buscar la asociación entre las concentraciones de mercurio en las diversas matrices, las variables independientes sociodemográficas que fueron significativas. En la construcción de cada modelo fueron evaluadas la interacción y confusión; se observa el aporte que hace cada variable de importancia epidemiológica al ser ingresadas individualmente, visualizando el efecto sobre el modelo final, también fueron excluidas las variables independientes que sugerían presencia de colinealidad. Finalmente se realiza la verificación de los supuestos de los

errores (normalidad, homocedasticidad) y de los coeficientes estandarizados para la validación de los modelos finales.

2. ASPECTOS ÉTICOS

Al ser este un estudio de fuente secundaria donde no hay intervención sobre la información (base de datos del 2019 suministrada por la Universidad de Córdoba) con los resultados de los análisis de función renal, hematológica y concentraciones de mercurio en matrices biológicas (sangre, orina y cabello) de pobladores del Bajo Atrato (Municipios de Riosucio, Bojayá, Murindó y Vigía del fuerte) en busca de la asociación entre estos parámetros y la exposición al mercurio en esta comunidad existen las siguientes consideraciones éticas:

Como investigadora al tener un contrato firmado con esta Institución fueron adquiridos los siguientes compromisos:

COMPROMISOS CON EL TENEDOR DE LA INFORMACIÓN (RESPONSABLE DEL TRATAMIENTO)

La Universidad de Córdoba en convenio con la Universidad Tecnológica de Chocó y con recursos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación-Minciencias- CT 849-2018.

Compromisos Específicos:

- Realización del trabajo de grado o tesis en el marco del **Proyecto Marco CT 849-2018**: el estudiante deberá elaborar la propuesta y ejecutar las actividades de su investigación enmarcadas dentro de los objetivos del proyecto CT 849-2018.
- Consultas en bases de datos especializadas y/o fuentes confiables que permitan al estudiante investigador contextualizar el tema de investigación a nivel local, nacional e internacional. Asimismo, desarrollará mayor comprensión de artículos científicos en diferentes idiomas.
- Brindar apoyo a las actividades propias del proyecto que le sean asignadas por el investigador principal o su delegado, en relación con recolección de información, toma de muestras, consolidación de datos, análisis de información, elaboración de informes, recolección de evidencias, asistencia a eventos científicos, entre otros.

- Cumplimiento de actividades propias del trabajo de investigación: presentación de un cronograma y atención al progreso constante de las actividades que hacen parte del proyecto de investigación como requisito para obtener el título de posgrado.
- Elaboración de informes de avance de las actividades académicas e investigativas en el desarrollo de la formación de posgrado.
- Estar en constante comunicación con el investigador principal o su delegado sobre el progreso de las actividades académicas e investigativas a su cargo e informar de manera oportuna imprevistos, inconvenientes, prórrogas debidamente justificadas.
- Mantener la confidencialidad de la información, no hacer pública información referente al proyecto sin previa autorización escrita del investigador principal del proyecto
- Hacer entrega en los tiempos establecidos de los documentos entregables y/o productos que tributarán al proyecto marco, de acuerdo con la tabla anexa, en los formatos y bajo las indicaciones del investigador principal o su delegado.
- Registrar y mantener en constante actualización su hoja de vida en el aplicativo CvLAC de la plataforma ScienTI de MINCIENCIAS, <http://www.MINCIENCIAS.gov.co/scienti>.

- **PAUTAS ÉTICAS DE CIOMS (46)**

PAUTA 1 “Valor social y científico” esta investigación es de gran valor social para una comunidad donde la minería es fuente de sustento para sus pobladores y por lo tanto es frecuente la exposición al mercurio de allí la búsqueda de la asociación con los parámetros hematológicos y renales para contribuir a la concientización y mejoramiento de las prácticas en la extracción del oro y otros metales.

PAUTA 2 “Investigación en entornos de escasos recursos” (responsiveness), las comunidades participantes en esta investigación son zonas de escasos recursos, donde se pretende que los resultados del estudio sean puestos al conocimiento de la comunidad, permitiendo de esta manera participen y contribuyan a la materialización de acciones relacionadas con las practicas mineras.

PAUTA 22 “Conflicto de intereses” las políticas y compromisos adquiridos con la Universidad de Córdoba para realizar esta investigación permiten mitigar estos conflictos.

- **LEY ESTATUTARIA 1581 DEL 2012 (47)**

PRINCIPIO DE ACCESO Y CIRCULACIÓN RESTRINGIDA: La Universidad de Córdoba es la entidad encargada de la base de datos y responsable del Tratamiento, la cual me concede autorización como investigadora para realizar el análisis de los datos, previo envío de documentos y legalización de mis actividades contractuales.

PRINCIPIO DE SEGURIDAD: los datos solo son suministrados en el momento que se requiera y bajo la supervisión tanto del tutor interno y externo de la investigación, mediante canales informáticos designados por los responsables del tratamiento, evitando así la pérdida o adulteración de la información suministrada.

PRINCIPIO DE CONFIDENCIALIDAD: como investigadora antes de manejar la base de datos, se firma compromiso con la Universidad de Córdoba en mantener la reserva de la información y de los resultados de la investigación.

EL PRINCIPIO DE JUSTICIA acorde a este se utilizarán todos los datos de las comunidades seleccionadas.

- **RESOLUCIÓN 8430 DEL 4 DE OCTUBRE DE 1993 (48)**

de acuerdo a esta resolución en el artículo 11, esta investigación se clasifica en la categoría SIN RIESGO por ser registros de datos donde no hay intervención o modificación intencional de las variables.

3. RESULTADOS

Los resultados son presentados teniendo en cuenta la descripción de las características poblacionales, concentraciones de mercurio y los análisis sanguíneos realizados; luego como esas características sociodemográficas podrían estar asociadas a las concentraciones de mercurio en sangre, cabello y orina; para llegar finalmente a observar los factores que se encontraron asociados a las alteraciones sanguíneas y renales de los pobladores.

De los 731 participantes del estudio, el 52% se encuentra en una edad entre 31 a 60 años, 59% (432) son mujeres; 470 (64,3%) establecidos en la zona veredal de los 4 municipios seleccionados, el 69% (498) de los encuestados dicen tener pareja; el grado de escolaridad en los pobladores indican que hasta un 40% (285) llegan a hacer la secundaria; 52% (379) de los encuestados dicen no tener empleo; los trabajos de minería solo son realizados en un 6,9%; a diferencia de las otras actividades como la pesca que se encuentra en un 28,8% y la agricultura en el 35,6% (517 encuestados [71,3%]); de los participantes, el 76% (550) no realizan actividades relacionadas directamente con la minería, ni practican la quema de amalgama ya sea en las minas (76%) o en casa (99,6%); un alto porcentaje refieren no almacenar mercurio o azogue en casa (99,7%); 16,3% (118) de las personas suelen almacenar sustancias tóxicas en la casa o un 11,9% (86) las manipulan en otras actividades 11(86).

El 99,4% de las casas en estos municipios se encuentran alejadas de las zonas donde se producen sustancias tóxicas de las labores cotidianas, y un 90,8% están lejos de sitios donde hay cultivos y realizan fumigación.

En relación al consumo de pescado por días a la semana, se observa un consumo de 3 veces con un 21,3% (153), y el 51,3% (368) refieren consumo mínimo de 1 pescado semanal (ver Tabla 1).

TABLA 1. Características de los pobladores del Bajo Atrato-Colombia 2019

Variable	Categoría	n	%
Edad	15-30	232	31,7
	31-60	382	52,3
	61-89	117	16,0
Sexo	masculino	299	40,9
	femenino	432	59,1
Corregimiento	cabecera	261	35,7
	veredas	470	64,3
Con pareja	No	227	31,3
	Sí	498	68,7
Escolaridad	Analfabeta	79	11,1
	Primaria	256	36,0
	Secundaria	285	40,1
	Edu superior	91	12,8
Trabaja actualmente	Sí	346	47,7
	No	379	52,3
Realiza trabajos de Minería	Sí	50	6,9
	No	675	93,1
Realiza labores de pesca	Sí	209	28,8
	No	516	71,2
Realiza trabajos de agricultura	Sí	258	35,6
	No	467	64,4
Realiza actividades relacionadas con la minería	Sí	6	0,8
	No	550	75,8
Practica la quema de amalgama	Sí	5	0,7
	No	551	76,0
Queman amalgama en casa	Sí	3	0,4
	No	722	99,6
Almacena Hg o azogue en casa	Sí	2	0,3
	No	723	99,7
Distancia aprox de compraventa o quema de amalgama	1 (<50 m)	7	1,0
	2 (50-100 m)	13	1,8
	3 (100-500 m)	5	0,7
	4	7	1,0

	(>500 m)		
	5	670	92,4
	(no está cerca)		
Guarda sustancias tóxicas en casa	Sí	118	16,3
	No	607	83,7
Manipula sustancias tóxicas	Sí	86	11,9
	No	639	88,1
Casa cerca a zonas de cultivo o de fumigaciones	Sí	67	9,2
	No	658	90,8
Casa cerca a zona de producción de sustancias tóxicas	Sí	29	4,0
	No	692	95,4
Frecuencia común de consumo de pescado días a la semana	0	5	0,7
	1	76	10,6
	2	91	12,7
	3	153	21,3
	4	140	19,5
	5	74	10,3
	6	38	5,3
	7	140	19,5
Frecuencia común en número de consumo de pescado	0	4	0,6
	1	368	51,3
	2	244	34,0
	3	99	13,8

De 731 encuestados, 432 son mujeres con una edad promedio de 40 años, la edad promedio de los hombres es de 44 años.

Al realizar la medición de la función renal se obtuvieron resultados donde los hombres presentaron creatinina promedio de 0,9 mg/dl con un 6,5% de porcentaje de anormalidad y el Bun con un 1% de porcentaje de anormalidad (11.4 mg/dl).

El valor promedio de la hemoglobina en hombres es de 13,6 gr/dl donde el grado de anormalidad ocupa el 38,2% y el hematocrito con un 30,4% (41,1%).

El 14% de alteraciones en el recuento de los glóbulos rojos se presentan en los hombres con un valor promedio de 5 millones de células/mcL.

Del recuento diferencial de los glóbulos blancos, el grado de anormalidad es notable en la línea celular de los basófilos (90,2%), seguido de los eosinófilos con un 58,6% y los

monocitos 38,5%; células caracterizadas por regular la respuesta inmune del organismo frente a sustancias extrañas.

El promedio de consumo de pescado semanal es más frecuente en los hombres (7,3 veces) que en las mujeres (6,6 veces).

De las personas encuestadas el promedio de años dedicados a trabajar la minería oscila de 3 a 4 años aproximadamente, con un mayor predominio en los hombres (3,9 años) (Ver Tabla 2).

TABLA 2. Características renales y hematológicas de pobladores del Bajo Atrato-Colombia 2019

Variable	Sexo	n	Media	Desv típica	% Anormalidad
Edad		596	41	28	
Creatinina mg/dl	Hombres	294	0,9	0,2	6,5
	Mujeres	422	0,7	0,1	0,2
BUN mg/dl		596	10,4	4,2	0
Hemoglobina gr/dl	Hombres	293	13,6	1,4	38,2
	Mujeres	417	12	1,2	26,9
Hematocrito %	Hombres	293	41,1	4	30,4
	Mujeres	417	36,5	3,3	26,1
RBC millones de células/mcL	Hombres	293	5	0,6	14
	Mujeres	417	4,5	0,4	11,3
WBC glóbulos blancos/mcL		596	6,1	2,6	0
PLQ plaquetas/mcL		596	247,092	73	0
%NEU		596	41,4	19	0
#NEU		596	2,8	1,9	
%LYM		596	40,5	15,7	0
#LYM		596	2,4	0,9	
%MON		596	7,6	2,9	38,5
#MON		596	0,4	0,2	
%EOS		596	6,6	6,3	58,6
#EOS		596	0,4	0,4	
%BAS		596	1,8	0,9	90,2
#BAS		596	0,1	0,1	
Veces consumo pescado semana		596	6,9	7	
Años trabajando minería		596	2,9	0	

VR Creatinina: H: 0,6 – 1,2 mg/dl M: 0,5 – 1,1 mg/dl
 VR: BUN (Nitrógeno ureico): 6 – 20 mg/dl
 VR: Glóbulos rojos: H: 4,7 – 6,1 células/mcL M: 4,2 – 5,4 células/mcL
 VR: Hemoglobina: H: 13,8 – 17,2 g/dl M: 12,1 – 15,1 g/dl
 VR: Hematocrito: H: 40,7 – 50,3 % M: 36,1 – 44,5 %
 VR: Glóbulos blancos: 4,500 – 11,000 células/mcL
 VR: Plaquetas: 150,000 – 400,000 células/mcL

Los hallazgos muestran que los niveles no permisibles de mercurio son muy frecuentes en las matrices de cabello, donde los hombres presentan mayor porcentaje de anormalidad (91,1%), respecto a las mujeres (75,2%); las concentraciones no permisibles de mercurio en sangre se encuentran en el 84% de los participantes, la diferencia de estas según el sexo no presenta variación notable (hombres 84,9%-mujeres 83,4%). No es frecuente encontrar concentraciones elevadas de mercurio en la orina (0,7% de anormalidad) (Ver Tabla 3).

TABLA 3. Características de los niveles de mercurio en matrices biológicas en pobladores del Bajo Atrato-Colombia 2019

Variable	Promedio	DS	Mediana	RIQ	% Anormalidad
Hg sangre	23,1	23,7	15,4	23,5	84
Hg cabello	4,9	6,3	2,8	4,4	81,1
Hg orina	0,8	1,3	0,3	0,7	0,7

VR Hg sangre y orina: 5-10 ug/L (según la OMS)

VR Hg en sangre: Normal hasta 5 ug/L Anormal >5 ug/L

VR Hg en cabello: Normal hasta 1 ug/L Anormal >1 ug/L

VR Hg en orina: Normal hasta 7 ug/L Anormal >7 ug/L

En el análisis bivariado a las variables sociodemográficas con 2 categorías les fueron realizadas la prueba de U Mann Whitney, y a las de más de 2 categorías la prueba Kruskal Wallis; evaluando así la existencia de diferencias significativas en las concentraciones de mercurio en sangre, cabello u orina con las variables sociodemográficas; en las mediciones de las concentraciones de mercurio en las diferentes matrices se encontraron diferencias significativas con el sexo, obteniendo valores mayores en los hombres, este evento también se apreció en las personas que laboraban como agricultores o pescadores; al

evaluar la edad se hallaron diferencias significativas en la concentraciones de mercurio en sangre y cabello incrementando a mayor edad, al igual que con el corregimiento, nivel de escolaridad, la práctica de quema de amalgama o la distancia aproximada a la compraventa, además de la frecuencia del consumo de pescado ya sea por número de veces a la semana o por días a la semana; el tener trabajo y realizar trabajos relacionados con la minería se asociaron a las concentraciones de mercurio en la sangre (Ver Tabla 4)

TABLA 4. Concentraciones de mercurio según condiciones sociodemográficas

Variable	Hg sangre				Hg en cabello				Hg en orina			
	n	M	RIQ	p	n	M	RIQ	p	n	M	RIQ	p
Edad				<,001				<,001				0,007
15-30	230	9,4	13,2		210	1,9	2,4		228	0,2	0,5	
31-60	380	17,6	25,5		334	2,9	5,1		376	0,2	0,8	
61-89	117	22,8	42,1		97	4,2	7,5		117	0,2	0,7	
Sexo				<,001				<,001				<,001
Masculino	298	18,4	31,3		237	4,1	6,8		297	0,5	0,9	
Femenino	429	13,7	19,5		404	2,1	2,9		424	0,2	0,5	
Corregimiento				<,001				<,001				0,7
Cabecera	261	12,1	16,3		228	1,8	2,8		257	0,2	0,7	
Vereda	466	17,5	29,9		413	3,3	5,1		464	0,2	0,7	
Estado Civil-con pareja				0,019				0,064				0,364
Sí	495	16,5	24		428	2,8	4,6		490	0,2	0,7	
No	226	14,1	22,9		210	2,7	4,1		225	0,2	0,6	
Escolaridad				<,001				<,001				0,199
Analfabeta	79	15,7	21,9		71	3,5	3,7		79	0,2	0,5	
Primaria	254	20,8	29,7		221	3,6	5,8		250	0,2	0,7	
Secundaria	284	12,2	19,6		258	2	2,8		283	0,2	0,6	
Educación superior	90	13,9	18,9		76	1,6	3,1		89	0,2	0,8	
Trabaja actualmente				<,001				0,022				0,005
Sí	343	17,6	25		285	3,3	5,6		341	0,2	0,7	
No	376	13,2	21,8		351	2,4	3,4		372	0,2	0,5	
Realiza trabajos de Minería				0,726				0,772				0,464
Sí	50	14,9	16,5		40	2,9	2,1		40	0,2	0,4	
No	671	15,6	24,4		598	2,8	4,3		598	0,2	0,7	
Realiza labores de pesca				<,001				<,001				<,001
Sí	207	32	42,4		176	4,9	9,6		209	0,7	0,9	
No	514	12,6	17,1		462	2,2	2,9		506	0,2	0,5	

Realiza trabajos de agricultura				<,001			<,001		0,001
Sí	257	21,8	31,2		222	3,8	6,3		253 0,5 0,8
No	464	13,2	18,8		416	2,2	3		462 0,2 0,6
Realiza actividades relacionadas con la minera				<,001			0,002		0,083
Sí	6	14,6	17,1		5	2,4	0,07		6 0,4 0,4
No	526	17,2	26,3		456	3,2	5		522 0,2 0,7
Practica la quema de amalgama				<,001			0,001		0,141
Sí	5	5,2	13,4		1	0,6	0		5 0,5 0,5
No	519	17,6	27,7		457	3,1	5		516 0,2 0,7
Queman amalgama en casa				0,133			0,124		0,09
Sí	3	28,1	10,8		2	4,9	3,3		3 0,6 0,2
No	711	15,6	24,1		629	2,8	4,3		705 0,2 0,7
Almacena Hg o azogue en casa				0,016			0,064		0,125
Sí	2	35,7	7,6		2	2,6	1		2 0,4 0,2
No	713	15,6	24,2		630	2,8	4,3		707 0,2 0,7
Distancia aprox de compraventa o quema de amalgama				<,001			0,001		0,496
1 (<50 m)	7	25,2	12,4		7	5,6	3,2		7 0,2 1,1
2 (50-100 m)	13	3,7	6,2		12	0,8	1,7		13 0,2 0
3 (100-500 m)	5	13,2	18,4		5	3,6	6,2		5 0,2 0
4 (>500 m)	7	5,1	4,9		7	0,4	0,9		7 0,2 0,1
5 (no está cerca)	666	16	24,2		587	2,8	4,3		661 0,2 0,7
Guarda sust. tóxicas en casa				0,022			0,04		0,064
Sí	117	18,6	24,4		104	3,1	4,9		118 0,2 0,5
No	591	14,9	23,9		522	2,7	4,2		584 0,2 0,7
Manipula sust. tóxicas				0,083			0,336		0,225
Sí	86	20,9	29,1		73	3,3	6,1		86 0,2 0,5
No	635	14,9	23,6		565	2,7	4		629 0,2 0,7
Casa cerca a zonas de cultivo o de fumigaciones				0,155			0,248		0,791
Sí	67	14,2	20,3		58	2,7	6		66 0,2 0,7
No	621	15,8	24,2		552	2,9	4,1		617 0,2 0,7
Casa cerca a zona de producción de sust tóxicas				0,375			0,315		0,916
Sí	29	17,6	21,8		23	2,9	4,2		29 0,2 0,7
No	688	15,4	24,2		611	2,8	4,2		682 0,2 0,7
Frecuencia común de consumo de pescado días a la semana				<,001			<,001		0,224
0	4	1,8	3,4		4	0,5	0,4		4 0,2 0
1	75	10,4	12,4		69	2,7	2,6		74 0,2 0,4

2	90	12,1	15,9	79	2,1	2,9	90	0,2	0,8
3	152	14,8	24	133	2,2	3,6	150	0,2	0,7
4	139	17,6	26,9	121	2,7	5	140	0,2	0,6
5	74	19,6	24,6	66	3,2	5,1	72	0,2	0,7
6	38	9,4	19,3	32	1,5	3,3	38	0,2	0,4
7	140	24,9	33	127	3,8	5,9	138	0,2	0,8
Frecuencia común en número de consumo de pescado									
0	4	1,8	3,4	4	0,5	0,4	4	0,2	0
1	365	13	19,2	325	2,2	3,2	361	0,2	0,6
2	243	21,7	33,8	215	3,2	5,7	243	0,2	0,8
3	99	17,7	29,3	87	3,6	4,9	97	0,2	0,6

Se halló correlación positiva y significativa ($p < 0,001$) de la creatinina, hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos con las concentraciones de mercurio en las 3 matrices analizadas; el incremento del nitrógeno ureico (bun) se correlaciono con la presencia de mercurio en sangre y orina; mientras que los linfocitos correlacionaron con el mercurio en sangre y cabello; se obtuvo correlación positiva de los monocitos con la concentración de mercurio en cabello y orina, cuando los basófilos solamente lo hicieron con la concentración de mercurio en sangre. La correlación fue negativa de los glóbulos blancos, plaquetas y neutrófilos con las concentraciones de mercurio en las 3 matrices; mientras los eosinófilos no correlacionaron con las de sangre y orina (Ver Tabla 5).

TABLA 5. Correlación de las concentraciones de mercurio con los parámetros renales y hematológicos

Variable	Hg sangre	Hg cabello	Hg orina
Creatinina			
Correlación Spearman	0.187	0.202	0.155
Valor <i>p</i>	< .001	< .001	< .001
BUN			
Correlación Spearman	0.119	0.119	0.147
Valor <i>p</i>	0.001	0.003	< .001
Hemoglobina			
Correlación Spearman	0.186	0.214	0.167
Valor <i>p</i>	< .001	< .001	< .001
Hematocrito			
Correlación Spearman	0.224	0.212	0.161
Valor <i>p</i>	< .001	< .001	< .001
RBC			
Correlación Spearman	0.150	0.150	0.157
Valor <i>p</i>	< .001	< .001	< .001
WBC			
Correlación Spearman	-0.172	-0.185	-0.095
Valor <i>p</i>	< .001	< .001	0.012
PLQ			
Correlación Spearman	-0.198	-0.221	-0.142
Valor <i>p</i>	< .001	< .001	< .001
NEU			
Correlación Spearman	-0.194	-0.168	-0.100
Valor <i>p</i>	< .001	< .001	0.008
LYM			
Correlación Spearman	0.264	0.160	0.076
Valor <i>p</i>	< .001	< .001	0.044

MON			
Correlación Spearman	0.116	0.151	0.123
Valor p	0.002	< .001	0.001
EOS			
Correlación Spearman	-0.061	0.058	-0.017
Valor p	0.102	0.146	0.656
BAS			
Correlación Spearman	0.232	0.124	0.083
Valor p	< .001	0.002	0.028

Las variables candidatas a ingresar al modelo multivariado fueron seleccionadas según el criterio Hosmer Lemeshow con un valor de $p < 0,25$.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) en el incremento de la creatinina a medida que aumenta la edad, ser hombre, tener un nivel de educación superior, practicar la quema de amalgama, tener trabajo, realizar labores de pesca, agricultura, manipular y guardar sustancias tóxicas (Ver Tabla 6).

TABLA 6. Correlación entre creatinina y características sociodemográficas

Variable	Creatinina			
	n	Mediana	Rango Inter	Valor de p
Edad				< ,001
15-30	227	0,699842	1,383885	
31-60	376	0,749894	1,347101	
61-89	113	0,869961	1,389953	
Sexo				< ,001
Masculino	294	0,899912	1,27497	
Femenino	422	0,674528	1,279381	
Corregimiento				0,178
Cabecera	254	0,755092	1,347101	
Vereda	462	0,749894	1,391554	
Estado Civil				0,748
Con pareja				
No	221	0,760326	1,338135	
Sí	489	0,749894	1,406695	

Escolaridad				<,001
Analfabeta	77	0,709578	1,383885	
Primaria	252	0,77983	1,377209	
Secundaria	278	0,729458	1,366155	
Educación superior	89	0,810028	1,357375	
Trabaja actualmente				<,001
Sí	337	0,830042	1,381116	
No	371	0,699842	1,345241	
Realiza trabajos de Minería				0,056
Sí	49	0,800018	1,367099	
No	661	0,749894	1,375625	
Realiza labores de pesca				<,001
Sí	205	0,810028	1,418078	
No	505	0,739605	1,366155	
Realiza trabajos de agricultura				<,001
Sí	254	0,810028	1,407019	
No	456	0,729458	1,357375	
Realiza actividades relacionadas con la minera				0,005
Sí	6	0,549541	1,348963	
No	520	0,760326	1,384204	
Practica la quema de amalgama				<,001
Sí	5	1,02	1,029912	
No	516	0,77983	1,388353	
Queman amalgama en casa				0,288
Sí	3	0,65013	1,458143	
No	700	0,749894	1,368989	
Almacena Hg o azogue en casa				0,14
Sí	2	0,615177	1,137627	
No	702	0,749894	1,368989	
Distancia aprox de compraventa o quema de amalgama				0,955
1(<50 m)	7	0,729458	1,235947	

2(50-100 m)	13	0,719449	1,689274	
3(100-500 m)	5	0,739605	1,054387	
4 (>500 m)	7	0,739605	1,207814	
5(no está cerca)	655	0,749894	1,383248	
Guarda sust. tóxicas en casa				<,001
Sí	116	0,835026	1,353007	
No	581	0,749894	1,381974	
Manipula sust tóxicas				<,001
Sí	86	0,874984	1,353724	
No	624	0,739605	1,381974	
Casa cerca a zonas de cultivo o de fumigaciones				0,181
Sí	67	0,790679	1,350206	
No	610	0,749894	1,375625	
Casa cerca a zona de producción de sust tóxicas				0,942
Sí	29	0,719449	1,388353	
No	677	0,749894	1,375625	
Frecuencia común en número de consumo de pescado				0,181
0	4	0,751623	1,259505	
1	358	0,739605	1,359878	
2	239	0,76913	1,384204	
3	99	0,77983	1,389953	

Con la disminución de la hemoglobina se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) al ser mujer (12,3), el no tener empleo (12,3), no practicar la quema de amalgama (12,88), no manipular y no guardar sustancias tóxicas (12,59).

Se encontraron diferencias significativas estadísticamente de la disminución del recuento plaquetaria cuando a mayor edad esta media disminuye, al igual que en los hombres (223,87), el tener empleo (229,087) y realizar labores de pesca (223,872) (Ver Tabla 6.1).

TABLA 6.1 Correlación entre hemoglobina y plaquetas

Variable	Hemoglobina				Plaquetas			
	n	Me	RIQ	Valor p	n	Me	RIQ	Valor p
Edad				0,059				< ,001
15-30	227	12,3	1,17		227	251,189	1,29	
31-60	371	12,59	1,15		371	234,423	1,38	
61-89	112	12,88	1,15		112	213,796	1,32	
Sexo				< ,001				< ,001
Masculino	293	13,8	1,12		293	223,872	1,58	
Femenino	417	12,3	1,12		417	245,471	1,55	
Corregimiento				0,08				0,69
Cabecera	255	12,88	1,17		255	239,883	1,35	
Vereda	455	12,59	1,17		455	234,423	1,58	
Estado Civil				0,87				0,38
Con pareja								
No	219	12,59	1,17		219	239,883	1,29	
Sí	485	12,59	1,17		485	234,423	1,38	
Escolaridad				0,1				0,01
Analfabeta	77	12,3	1,15		77	234,423	1,38	
Primaria	248	12,88	1,17		248	229,087	1,38	
Secundaria	277	12,59	1,15		277	245,471	1,32	
Educación superior	88	13,18	1,17		88	234,423	1,41	
Trabaja actualmente				< ,001				< ,001
Sí	336	13,18	1,15		336	229,087	1,32	
No	366	12,3	1,15		366	251,189	1,35	
Realiza trabajos de Minería				0,21				0,03
Sí	50	12,88	1,12		50	223,872	1,32	
No	654	12,59	1,17		654	239,883	1,38	
Realiza labores de pesca				0				< ,001

Sí	202	12,88	1,17	202	223,872	1,32
No	502	12,59	1,15	502	245,471	1,35
Realiza trabajos de agricultura			0			0,01
Sí	251	12,88	1,17	251	229,087	1,32
No	453	12,59	1,15	453	245,471	1,38
Realiza actividades relacionadas con la minera			0,92			0,22
Sí	6	12,88	1,1	6	199,526	1,32
No	517	12,59	1,15	517	234,423	1,38
Practica la quema de amalgama			<,001			0,01
Sí	5	13,18	1,15	5	245,471	1,17
No	511	12,88	1,15	511	234,423	1,32
Queman amalgama en casa			0,95			0,48
Sí	3	12,3	1,07	3	218,776	1,26
No	694	12,59	1,17	694	239,883	1,38
Almacena Hg o azogue en casa			0,91			0,85
Sí	2	12,88	1,05	2	257,040	1,29
No	696	12,59	1,17	696	239,883	1,35
Distancia aprox de compraventa o quema de amalgama			0,21			0,07
1 (<50 m)	7	12,3	1,23	7	234,423	1,41
2 (50-100 m)	13	12,59	1,23	13	208,930	1,41
3 (100-500 m)	5	13,49	1,05	5	234,423	1,32
4 (>500 m)	7	11,22	1,1	7	281,838	1,2

5 (no está cerca)	650	12,59	1,15	650	239,883	1,35
Guarda sust. Tóxicas en casa						0,01
			<,001			
Sí	114	13,18	1,17	114	223,872	1,32
No	577	12,59	1,15	577	239,883	1,38
Manipula sust tóxicas						0
			<,001			
Sí	84	13,49	1,17	84	218,776	1,29
No	620	12,59	1,15	620	239,883	1,38
Casa cerca a zonas de cultivo o de fumigaciones						0,31
			0,15			
Sí	67	12,59	1,15	67	229,087	1,35
No	605	12,59	1,17	605	239,883	1,38
Casa cerca a zona de producción de sust tóxicas						0,12
			0,45			
Sí	29	12,88	1,17	29	208,930	1,51
No	671	12,59	1,17	671	239,883	1,35
Frecuencia común en número de consumo de pescado						0,04
			0,31			
0	4	12,88	1,12	4	223,872	1,15
1	358	12,59	1,15	358	245,471	1,32
2	234	12,88	1,15	234	234,423	1,35
3	98	12,88	1,15	98	218,776	1,45

Los glóbulos blancos tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) al disminuir paulatinamente al aumentar la edad, en el sexo masculino (5,400), tener empleo (5,508), realizar labores de pesca (4,932) y con la frecuencia común de consumo de pescado donde la disminución más notable se presenta con un consumo mínimo de 2 veces por semana (5,260).

Las diferencias significativas estadísticamente obtenidas con los linfocitos, se observaron aumentados como respuesta a mayor edad y al realizar labores de pesca (43,65).

Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas de los neutrófilos al aumentar su recuento más en las mujeres (44,67) y disminuir al realizar labores de pesca (38,02) (Ver Tabla 6.2)

TABLA 6.2 Correlación entre glóbulos blancos, linfocitos y neutrófilos

Variable	Glóbulos blancos				Linfocitos				Neutrófilos			
	n	Me	RIQ	p	n	Me	RIQ	p	n	Me	RIQ	p
Edad				<,001				0,001				0,08
15-30	227	6,281	1,54		227	38,02	1,48		227	43,65	1,62	
31-60	371	5,636	1,58		371	41,69	1,45		371	42,66	1,58	
61-89	112	5,140	1,56		112	43,65	1,45		112	39,81	1,55	
Sexo				<,001				0,11				<,001
Masculino	293	5,400	1,58		293	41,69	1,45		293	40,74	1,55	
Femenino	417	6,053	1,55		417	39,81	1,48		417	44,67	1,58	
Corregimiento				0,42				0,03				0,52
Cabecera	255	5,754	1,54		255	41,69	1,45		255	41,69	1,55	
Vereda	455	5,794	1,61		455	39,81	1,51		455	42,66	1,58	
Estado Civil												
Con pareja				0,16				0,2				0,66
No	219	5,715	1,43		219	41,69	1,48		219	41,69	1,62	
Sí	485	5,794	1,68		485	39,81	1,48		485	42,66	1,58	
Escolaridad				0,02				0,11				0,13
Analfabeta	77	5,754	1,62		77	39,81	1,51		77	42,66	1,66	
Primaria	248	5,408	1,61		248	41,69	1,45		248	40,74	1,55	
Secundaria	277	5,929	1,55		277	38,9	1,48		277	42,66	1,62	
Educación superior	88	5,888	1,46		88	41,69	1,45		88	44,67	1,55	

Trabaja actualmente				<,001				0,48				0,69
Sí	336	5,508	1,6		336	40,74	1,41		336	41,69	1,55	
No	366	6,053	1,57		366	39,81	1,51		366	42,66	1,62	
Realiza trabajos de Minería				0,52				0,38				0,86
Sí	50	5,408	1,47		50	37,15	1,58		50	43,65	1,66	
No	654	5,781	1,6		654	40,74	1,48		654	42,66	1,58	
Realiza labores de pesca				<,001				<,001				<,001
Sí	202	4,932	1,56		202	43,65	1,38		202	38,02	1,58	
No	502	6,067	1,53		502	38,9	1,45		502	43,65	1,58	
Realiza trabajos de agricultura				0,06				0,74				0,85
Sí	251	5,649	1,61		251	40,74	1,48		251	42,66	1,58	
No	453	5,875	1,6		453	40,74	1,48		453	42,66	1,62	
Realiza actividades relacionadas con la minera				0,69				0,19				0,16
Sí	6	5,035	1,14		6	36,31	1,32		6	44,67	1,23	
No	517	5,728	1,63		517	40,74	1,48		517	41,69	1,58	
Practica la quema de amalgama				0,04				0,1				0,32
Sí	5	4,955	1,64		5	38,02	1,45		5	37,15	1,45	
No	511	5,649	1,61		511	40,74	1,48		511	41,69	1,62	
Queman amalgama en casa				0,66				0,56				0,03
Sí	3	4,246	1,75		3	43,65	1,62		3	33,11	2,24	
No	694	5,754	1,59		694	40,74	1,45		694	42,66	1,62	
Almacena Hg o azogue en casa				0,28				0,26				0,03
Sí	2	8,356	1,29		2	33,88	1,51		2	16,98	2,34	
No	696	5,754	1,6		696	40,74	1,45		696	42,66	1,62	

Distancia aprox de compraventa o quema de amalgama				0,21			0,39			0,02	
1 (<50 m)	7	6,295	1,22		7	41,69	1,2		7	45,71	1,2
2 (50-100 m)	13	6,531	1,35		13	34,67	1,35		13	56,23	1,17
3 (100-500 m)	5	6,471	1,09		5	38,02	1,45		5	47,86	1,05
4 (>500 m)	7	8,222	1,63		7	38,02	1,2		7	45,71	1,35
5 (no está cerca)	650	5,728	1,61		650	40,74	1,48		650	41,69	1,62
Guarda sust. Tóxicas en casa				0,4				0,35			0,24
Sí	114	5,888	1,7		114	40,74	1,51		114	39,81	1,7
No	577	5,741	1,57		577	40,74	1,48		577	42,66	1,58
Manipula sust toxicas				0,15				0,04			0,04
Sí	84	5,595	1,67		84	42,7	1,55		84	38,9	1,86
No	620	5,781	1,58		620	40,09	1,48		620	42,66	1,58
Casa cerca a zonas de cultivo o de fumigaciones				0,13				0,17			0,68
Sí	67	5,916	1,42		67	36,31	1,38		67	43,65	1,7
No	605	5,728	1,63		605	40,74	1,48		605	42,66	1,58
Casa cerca a zona de producción de sust tóxicas				0,32				0,15			0,81
Sí	29	5,572	1,55		29	42,66	1,38		29	40,74	1,45
No	671	5,781	1,59		671	39,81	1,48		671	42,66	1,62
Frecuencia común en número de consumo de pescado				< ,001				0			0,02
0	4	5,383	1,29		4	51,29	1,32		4	33,11	1,78
1	358	6,067	1,58		358	38,9	1,48		358	43,65	1,58
2	234	5,260	1,49		234	42,66	1,41		234	39,81	1,55
3	98	5,875	1,56		98	38,9	1,41		98	44,67	1,62

VR Creatinina: H: 0,6 – 1,2 mg/dl

M: 0,5 – 1,1 mg/dl

VR: BUN (Nitrógeno ureico): 6 – 20 mg/dl

VR: Glóbulos rojos: H: 4,7 – 6,1 células/mcL M: 4,2 – 5,4 células/mcL

VR: Hemoglobina: H: 13,8 – 17,2 g/dl M: 12,1 – 15,1 g/dl

VR: Hematocrito: H: 40,7 – 50,3 % M: 36,1 – 44,5 %

VR: Glóbulos blancos: 4,500 – 11,000 células/mcL

VR: Plaquetas: 150,000 – 400,000 células/mcL

Se realizó el análisis multivariado con las variables que fueron candidatas a ingresar al modelo de acuerdo al criterio de Hosmer Lemeshow ($p < 0,25$).

Todas estas variables logran explicar el 44,5% de la alteración de la creatinina, donde ser mujer redujo la creatinina en 0,11; las personas con edades de 31 a 89 años presentaron aumentos de creatinina que variaron entre 0,034 a 0,063; contar con un nivel de escolaridad superior comparado con los analfabetas aumentó las concentraciones de la creatinina en 0,063; este incremento también se encontró al realizar prácticas mineras (0,037), usar amalgama (0,019) y manipular sustancias tóxicas (0,069); el aumento de 1 μg en las concentraciones de mercurio en orina aumentaron 0,005 las concentraciones de creatinina (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Modelo de Regresión lineal múltiple para Creatinina

Variable	Coeficiente Beta	Intervalo de confianza del 95%		Valor p
		Inferior	Superior	
31-60 años vs 15-30 años	0,03362	0,01876	0,04847	< ,001
61-89 años vs 15-30 años	0,06353	0,04272	0,08435	< ,001
Femenino	-0,11313	-0,126	-0,10027	< ,001
Primaria vs Analfabetas	0,03086	0,0104	0,05132	0,003
Secundaria vs Analfabetas	0,04744	0,02585	0,06904	< ,001
Universitarios vs Analfabetas	0,06275	0,0379	0,0876	< ,001
Practicar minería	0,0366	0,00675	0,0664	0,014
Usa amalgama	0,01932	0,00356	0,03508	0,016
Manipula sustancias tóxicas	0,0696	0,04698	0,0922	0,015
Concentración de Hg en orina	0,00543	9,88E-04	0,00986	0,017

R² 44,5%

El 24,3% de la disminución de la hemoglobina es explicada en mujeres que viven en zonas rurales, almacenan sustancias tóxicas en sus casas y presentaron concentraciones de mercurio en la orina.

Las siguientes variables logran explicar el 24,3% de la alteración de la hemoglobina, donde se reduce en un 0,05 al ser mujer y en un 0,013 al vivir en zonas rurales; los pobladores que almacenan sustancias tóxicas aumentan la concentración de hemoglobina en un 0,017; el aumento de las concentraciones de mercurio en 1 μg en la orina incrementan en un 0,003 los niveles de hemoglobina (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Modelo de Regresión lineal múltiple para Hemoglobina

Variable	Coeficiente Beta	Intervalo de Confianza del 95%		Valor p
		Inferior	Superior	
Femenino	-0,0515	-0,0592	-0,04376	< ,001
Vivir en zonas rurales	-0,01374	-0,0217	-0,00577	< ,001
Almacena sust tóxicas	0,01688	0,0056	0,02816	0,023
Concentración de Hg en orina	0,00293	1,41E-04	0,00572	0,04

R2 24,3%

El tener una edad entre los 31 a 60 años, manipular sustancias tóxicas y presentar concentraciones de mercurio tanto en cabello como sangre, explican en un 21,1% la variabilidad de la alteración plaquetaria en los pobladores; donde el recuento plaquetario se aumenta en personas de 31 a 60 años en un 1,67; manipular sustancias tóxicas en un 2,42 y por cada 1 µg de concentración de mercurio en sangre se aumenta en un 3,94 el recuento plaquetario. Cuando se aumenta 1 µg de la concentración de mercurio en cabello se disminuyen las plaquetas en un 2,12 (Ver Tabla 9).

Tabla 9. Modelo de Regresión lineal múltiple para Plaquetas

Variable	Coeficiente Beta	Intervalo de confianza del 95%		Vapor p
		Inferior	Superior	
31-60 Años	1.67e+8	-7.80e-6	3.42e+8	0.061
Manipula sustancias tóxicas	2.42e+8	-999881	4.86e+8	0.051
Concentración de Hg en cabello	-2.12e-7	-4.06e-7	-1.76e-6	0.033
Concentración de Hg en sangre	3.94e+6	-1.12e-6	9.00e+6	0.127

R2 21,1 %

Las personas entre 31 a 60 años disminuyen el recuento de glóbulos blancos entre un 0,027 a un 0,047; y el aumento de 1 µg en la concentración de mercurio en orina hace que este recuento disminuya en un 0,002. El no realizar actividades de pesca aumenta de manera significativa en un 0,058 los glóbulos blancos, al igual que su aumento se da en un 0,042 al tener pareja y en un 0,0080 al aumentar 1 µg en la concentración de mercurio en la orina. Explicando estas variables en un 10,5% las alteraciones en el recuento de los glóbulos blancos (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Modelo de Regresión lineal múltiple para Glóbulos blancos

Variable	Coeficiente Beta	Intervalo de confianza del 95%		Valor <i>p</i>
		Inferior	Superior	
31-60 años vs 15-30 años	-0.02652	-0.05480	0.00176	0.066
61-89 años vs 15-30 años	-0.04697	-0.08826	-0.00568	0.026
Tener pareja	0.04157	0.01570	0.06745	0.002
No realiza actividades de pesca	0.05788	0.02961	0.08615	< .001
Concentración de Hg en orina	0.00803	-0.00140	0.01745	0.095
Concentración de Hg en cabello	-0.00207	-0.00410	-3.02e-5	0.047

R2 10,5%

De los glóbulos blancos, la alteración en la línea celular de neutrófilos suele ser explicado en un 9,13%; el ser mujeres lo aumenta en un 0,050, en edades entre los 61 a 89 años se disminuyen en un 0,074; no realizar actividades pesqueras aumenta su recuento en un 0,082 significativamente; se disminuyen al manipular sustancias tóxicas en un 0,064 y un 0,001 al incrementar 1 µg de la concentración de mercurio en sangre (Ver Tabla 11)

Tabla 11. Modelo de Regresión lineal múltiple para Neutrófilos

Variable	Coeficiente Beta	Intervalo de confianza 95%		Valor de <i>p</i>
		Inferior	Superior	
Femenino	0.05023	0.00895	0.0915	0.017
61-89 años vs 15-30 años	-0.07383	-0.13435	-0.0133	0.017
No realiza labores de pesca	0.08173	0.03453	0.1289	< .001
Manipula sustancias tóxicas	-0.06411	-0.12499	-0.00322	0.039
Concentración de Hg en sangre	-0.00115	-0.00200	-2.92e-4	0.009

R2 9,13 %

El aumento en la línea linfocítica se presenta en mujeres en un 0,037; un 0,043 al no realizar actividades pesqueras y al presentar incremento de 1 µg de mercurio en sangre (aumenta 0,0012). El recuento linfocítico disminuye en un 0,029 a la edad de 61 a 89 años y en un 0,0037 al incrementarse 1 µg en la concentración de mercurio en cabello. Todas estas variables explican el 8,24% de la variabilidad de la línea celular linfocítica (Ver Tabla 12).

Tabla 12. Modelo de Regresión lineal múltiple para Linfocitos

Variable	Coeficiente Beta	Intervalo de confianza del 95%		Valor de p
		Inferior	Superior	
Femenino	0.03753	0.01661	0.05845	< .001
No realiza actividades de pesca	0.04262	0.01848	0.06675	< .001
61-89 años vs 15-30 años	-0.02941	-0.06040	0.00158	0.063
Concentración de Hg en sangre	0.00128	6.10e-4	0.00195	< .001
Concentración de Hg en cabello	-0.00368	-0.00620	-0.00117	0.004

R² 8,24 %

4. DISCUSIÓN

La búsqueda de la asociación entre factores hematológicos y renales con la exposición al mercurio en los pobladores del Bajo Atrato, es el primer estudio realizado en Colombia en estas zonas donde la minería es llevada a cabo de manera frecuente como fuente de ingresos y en su práctica el uso del mercurio (metal no biodegradable) se hace de manera indiscriminada llegando a generar afección de diversas maneras a la salud humana (21) (30) (8); por esta razón surge la investigación de dicha asociación en una comunidad con características ambientales y socioculturales similares a países donde se han realizado estudios anteriores; una revisión sistemática para artículos publicados desde 1950 hasta febrero de 2018 y sin restricción de idiomas, logró recopilar 80 artículos observacionales para evidenciar la exposición humana al mercurio y sus efectos hematológicos (Colombia no se encuentra en estos estudios) (35); ejemplos como el estudio realizado en la península de Sekotong - Lombok occidental en Indonesia que se realizó con el objetivo de encontrar en mineros los efectos ocasionados por la exposición al mercurio a nivel de función renal y los parámetros hematológicos (19); en el año 2014 en países de Asia Central se llevó a cabo un estudio en hospitales de Kazajstán, Kirguistán y Uzbekistán con la intención de investigar la posible contribución de los metales pesados para desencadenar anemia en los niños, mediante el análisis de una muestra de cabello (34); también en la Amazonía peruana se observaron como los niveles elevados de mercurio en el cabello de niños que vivían cerca de la zona de minería de oro artesanal y a pequeña escala (MAPE) presentaban anemia (36); estos trabajos motivan a encontrar que esa exposición diversa

al mercurio es responsable de muchas afecciones y problemáticas de salud pública en las comunidades mineras.

En los pobladores del Bajo Atrato el tiempo promedio dedicado a la minería oscila de 3 a 4 años, a diferencia del estudio de Indonesia donde los participantes habían estado expuestos al mercurio durante al menos 5 años con sus esposas e hijos (no mineros) que vivían alrededor de la zona de procesamiento del oro. (19).

El trabajo de investigación de Indonesia clasificaba a la población como mineros y no mineros (19); en esta investigación buscamos estas alteraciones en pobladores mayores de 15 años en 4 comunidades mineras, que por sus características sociodemográficas y culturales se exponen al impacto negativo que desencadena el mercurio para la salud humana; la edad de la población estudio en esta investigación concentra a los pobladores que con frecuencia practican la minería y demás actividades que generan fuentes de ingreso en la comunidad; razón por la cual en los municipios seleccionados (Riosucio, Bojayá, Vigía del fuerte y Murindó) los participantes eran los mayores de 15 años (52% de los participantes se encuentran en una edad entre 31 a 60 años); con previa firma del consentimiento informado les fueron realizados determinaciones de mercurio en sangre, orina (considerada como el biomarcador más exacto para comprender los niveles de mercurio en los riñones y sus posibles consecuencias (17)) y cabello además de los exámenes paraclínicos bun, creatinina y hemograma completo.

Los hombres (40,9% del total de la población estudiada) presentaban mayor incremento en los niveles de creatinina con una media de 0,9 mg/dl, alteración evidenciada a mayor edad en pobladores que realizaban practicas mineras, que tenían un mayor nivel de escolaridad (educación superior), presentaban antecedentes de uso de amalgama, manejo de sustancias tóxicas y aumento en los niveles de mercurio en orina; en el estudio de Indonesia se determinaron las concentraciones de proteinuria, encontrando bajos niveles debido al aumento de las concentraciones de mercurio en orina ($>7 - 273,3 \mu\text{g/l}$) y cabello ($>1 - 12,93 \mu\text{g/g}$) por la exposición crónica (19); tanto los mineros como no mineros residentes en las zonas de exposición presentaron proteinuria $>0,3 \text{ g/}$ (proteinuria $\geq 0,3 \text{ g/l}$) en el 92,6% de mineros y 72,4% en los no mineros) (19); investigaciones demuestran como

los pacientes debido a la insuficiencia renal crónica (IRC) presentan anemia normocítica normocrómica debido a la disminución de la síntesis de eritropoyetina llevando así a la disminución de la vida media de los glóbulos rojos, donde para el tratamiento se requiere el uso de agentes estimulantes de la eritropoyesis (AEE) (22). El uso deficiente de elementos de protección personal-EPP en un estudio realizado en Bibiani-Ghana con mineros practicantes de minería de oro artesanal en pequeña escala (MAPE), comprueban la asociación entre la exposición excesiva al mercurio con la reducción de la proteinuria y la tasa de filtración glomerular mediante el análisis de muestras de sangre (para determinar mercurio y creatinina) y orina (en búsqueda de proteínas) (32); se registran estudios epidemiológicos realizados en animales y humanos que comprueban la asociación entre la exposición ambiental a este metal y la presencia y progresión del daño renal crónico (21).

Importante llegar a entender que cualquier cambio a nivel excretor es significativo para indicar la contaminación toxicológica por mercurio (19) y que solamente podemos tratar la afección renal crónica al conocer los factores ambientales asociados a la misma (21).

El mercurio ingerido o inhalado como mercurio elemental se une a la proteína estructural-hemoglobina y provoca un deterioro en la función eritrocitaria de la capacidad de transporte de oxígeno e induce la hemólisis (19); concuerda esto cuando nos lleva a observar como en las mujeres los recuentos de hemoglobina fueron inferiores (12,0 gr/dl \pm 1,2) a los de los hombres (13,6 \pm 1,4) que presentaban un 38,2% de anormalidad; la disminución también se presentó en personas que vivían en zonas rurales; su aumento poco frecuente pero significativo ($p < 0,001$ 13,49 gr/dl \pm 1,17) se encuentra asociado a la manipulación de sustancias tóxicas y al aumento en las concentraciones de mercurio en orina; en la península de Sekotong se encontraron concentraciones disminuidas de la hemoglobina y el hematocrito en mineros con concentraciones elevadas de mercurio tanto en cabello ($>1 - 12,93 \mu\text{g/g}$) como en orina ($>7 - 273,3 \mu\text{g/l}$), sólo el 13,8% de los no mineros sufría anemia (19); , el estudio realizado en Kazajstán, Kirguistán y Uzbekistán, evidenciaron que los niveles significativamente más altos de mercurio (Uzbekistán ($p < 0,001$)) en el cabello de niños anémicos de la República Centroafricana, siendo la anemia una problemática de

salud pública, llevaron al planteamiento de investigaciones sobre la anemia ferropénica y los riesgos frente a la exposición a metales pesados como el mercurio en estas zonas (34).

La medición de la respuesta inmune frente a diversas variables permite la búsqueda de la correlación con el factor de exposición en estudio. A mayor edad el sistema de defensa disminuye entre un 0,027 a un 0,07 (glóbulos blancos, linfocitos y neutrófilos); la presencia de mercurio en cabello disminuye el recuento de glóbulos blancos y linfocitos; el descenso en el recuento de los neutrófilos (primera línea celular en dar respuesta inmune y estimular a otras) se asoció a la manipulación de sustancias tóxicas y al incremento de las concentraciones de mercurio en sangre. Hay otras investigaciones que evidencian como el cloruro mercúrico y el monometilmercurio inhiben la función y recuento de los linfocitos humanos (21). Esta investigación evidencia como el recuento total de glóbulos blancos, linfocitos y neutrófilos se reporta aumentado en pobladores que no realizan actividades pesqueras; el tener pareja y presentar concentraciones de mercurio en orina es asociada al aumento del recuento total de glóbulos blancos como respuesta inmune; las mujeres presentan aumento en el recuento de los linfocitos y neutrófilos, mientras la concentración de mercurio en sangre aumenta el recuento total de los linfocitos.

El encontrar trombocitopenia en los pobladores se asocia a la presencia de mercurio en cabello, contrario a su aumento, que se presentó en personas de 31 a 60 años que manipulan sustancias tóxicas y tenían concentraciones de mercurio en sangre.

Los resultados de esta investigación dan a conocer la asociación entre la exposición al mercurio con los parámetros hematológicos y renales; evidenciando que las concentraciones de mercurio tanto como en sangre, cabello y orina afectaron estos parámetros, así como las características socio demográficas asociadas a dicha exposición; dando cumplimiento al compromiso asumido por Colombia con la firma del Convenio de Minamata y al desarrollo de un insumo técnico para la formulación de medidas de manejo del mercurio, orientadas a reducir los riesgos ambientales y en la población humana.

Dentro de las fortalezas encontradas en la investigación:

*Este es el primer estudio realizado en la Cuenca del Bajo Atrato

*La validez de la medición de las concentraciones de mercurio fue realizada por profesionales idóneos y con el apoyo de un analizador directo de mercurio DMA 80 Tricell Milestone; al igual que la obtención y análisis de las pruebas renales y hematológicas estuvieron a cargo de profesionales que garantizaban el cumplimiento de las recomendaciones para brindar resultados con confiables.

*Todos los esfuerzos para la programación, ubicación y encuentro con los adultos que habitan en zonas vulnerables y la obtención de una muestra representativa.

Dentro de las limitaciones encontradas en el estudio:

*Dificultades de acceso a la zona y el nivel de escolaridad en los encuestados.

*Dificultad en la recolección de ciertas muestras (generalmente orina y cabello)

*No se indagaron algunos determinantes de la salud que pudieron haber sido importantes para entender el proceso de las alteraciones renales y hematológicas en los pobladores.

5. CONCLUSIONES

Se evidencio en este estudio como la exposición al mercurio se asocia a la afectación renal y hematológica de pobladores del Bajo Atrato, al encontrarse un aumento notable de los niveles de creatinina en hombres, lo que podría ser explicado por la exposición a este metal en mayores de 31 años que manipulan sustancias tóxicas, usan amalgama y/o realizan prácticas mineras; el grupo más vulnerable a la disminución de hemoglobina son las mujeres, residentes en zonas rurales bajo influencia minera, que al estar expuestas al mercurio y bajo sus condiciones fisiológicas normales sufren inactivación de la eritropoyetina inhibiendo así la producción de los glóbulos rojos y por ende los niveles bajos de hemoglobina; los niveles plaquetarios aumentados se presentaron en el grupo de edad mayor de 31 años, expuestos al mercurio al manipular sustancias tóxicas y que se encuentran con concentraciones del metal en sangre superiores a los límites permisibles; se aumenta el recuento total de los glóbulos blancos proporcional al incremento de mercurio en orina y al hecho de convivir con una pareja que por diferentes razones inducen el estímulo del sistema de defensa; los neutrófilos disminuyen su recuento en edades superiores a los 61 años, que manipulan sustancias tóxicas y presentan mercurio en sangre elevado; la línea linfocítica aumenta proporcionalmente a los niveles de mercurio en sangre o se disminuye el recuento en edades superiores a 61 años cuando los niveles de mercurio en cabello están por encima del valor permitido.

Recomendaciones

Los resultados de esta investigación serán un insumo técnico para ser socializado en algunos gremios de trabajadores (minería, joyeros, soldadores, etc), consejos comunitarios y autoridades académicas entre otros; que al socializar los efectos nocivos del mercurio sobre la salud humana (como alteraciones renales y hematológicas), al cual se encuentran expuestos por actividades laborales y hábitos alimenticios propios de la región; permitan llegar a la creación de programas de vigilancia epidemiológica eficientes que contribuyan a la erradicación o uso racional del mercurio en la minería a pequeña escala, implementación y manejo correcto de los EPP, orientación oportuna frente al diagnóstico y tratamiento en cualquier tipo de exposición.

Agradecimientos

Agradecemos al personal de la Universidad de Córdoba- Montería por la provisión de la información y a MINCIENCIAS por el apoyo financiero durante la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud. El mercurio y la salud [Internet]. [citado 29 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
2. Morales J. Mercurio y Salud [Internet]. Pan American Health Organization / World Health Organization. 2013 [citado 29 de octubre de 2020]. Disponible en: https://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=2046:mercurio-y-salud&Itemid=460
3. OMS | Mercurio [Internet]. WHO. World Health Organization; [citado 19 de octubre de 2020]. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury/es/
4. OMS | Diez sustancias químicas que constituyen una preocupación para la salud pública [Internet]. WHO. World Health Organization; [citado 18 de octubre de 2020]. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/es/
5. Gochfeld M. Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption. *Ecotoxicol Environ Saf.* septiembre de 2003;56(1):174-9.
6. Barregard L. Exposure to inorganic mercury: From dental amalgam to artisanal gold mining. *Environ Res.* mayo de 2008;107(1):4-5.
7. Ibrahim D, Froberg B, Wolf A, Rusyniak DE. Heavy Metal Poisoning: Clinical Presentations and Pathophysiology. *Clin Lab Med.* marzo de 2006;26(1):67-97.
8. Cano SE. Mercury contamination due to mining activities. *Biomédica.* 17 de octubre de 2012;32(3):309-11.
9. Swain EB, Jakus PM, Rice G, Lupi F, Maxson PA, Pacyna JM, et al. Socioeconomic Consequences of Mercury Use and Pollution. *AMBIO J Hum Environ.* febrero de 2007;36(1):45-61.
10. Hinton JJ, Veiga MM, Veiga ATC. Clean artisanal gold mining: a utopian approach? *J Clean Prod.* marzo de 2003;11(2):99-115.

11. Umbangtalad S, Parkpian P, Visvanathan C, DeLaune RD, Jugsujinda A. Assessment of Hg contamination and exposure to miners and schoolchildren at a small-scale gold mining and recovery operation in Thailand. *J Environ Sci Health Part A*. 30 de noviembre de 2007;42(14):2071-9.
12. Bose-O'Reilly S, Drasch G, Beinhoff C, Tesha A, Drasch K, Roeder G, et al. Health assessment of artisanal gold miners in Tanzania. *Sci Total Environ*. enero de 2010;408(4):796-805.
13. Bases PND 2010-2014 Versión 5 14-04-2011 completo.pdf [Internet]. [citado 24 de julio de 2022]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/Bases%20PND%202010-2014%20Versi%C3%B3n%205%2014-04-2011%20completo.pdf>
14. Territorio de étnias-Información Departamento del Chocó | Chocó [Internet]. [citado 15 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://choco.org/informacion-departamento-del-choco/>
15. El infierno del mercurio: ¿cuánto afecta la vida de los pobladores de Chocó en Colombia? [Internet]. *Innova*. 2017 [citado 15 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.innovaambiental.com.co/el-infierno-del-mercurio-cuanto-afecta-la-vida-de-los-pobladores-de-choco-en-colombia/>
16. Restrepo JPU, Ortiz IDG, Gamboa DIC, Bernal GB, Vargas SLG, Cruz HMC, et al. Ministerio de salud y protección social. marzo de 2018;66.
17. Mesquidaz ED, Negrete JM, Hernández JP. Exposición a mercurio en trabajadores de una mina de oro en el norte de Colombia. 2013;8.
18. T-622-16 Corte Constitucional de Colombia [Internet]. [citado 21 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/T-622-16.htm>
19. Ekawanti A, Krisnayanti BD. Effect of Mercury Exposure on Renal Function and Hematological Parameters among Artisanal and Small-scale Gold Miners at Sekotong, West Lombok, Indonesia. *J Health Pollut*. diciembre de 2015;5(9):25-32.
20. Situacion de la Enfermedad Renal Cronica en Colombia 2009.pdf [Internet]. [citado 21 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/CAC/Situacion%20de%20la%20Enfermedad%20Renal%20Cronica%20en%20Colombia%202009.pdf>
21. Díaz García JD, Arceo E. Daño renal asociado a metales pesados: trabajo de revisión. *Rev Colomb Nefrol*. 23 de noviembre de 2017;5(1):43.
22. Molina M, Sevillano ÁM, Ramos-Estévez LE. Anemia en paciente con enfermedad renal crónica: «no todo es insuficiencia renal». *Nefrología*. 1 de octubre de 2012;3(5):8-13.

23. Linfocito | NHGRI [Internet]. Genome.gov. [citado 18 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Linfocito>
24. Objetivos de Desarrollo sostenible | Objetivos de Desarrollo sostenible – Naciones Unidas Colombia [Internet]. [citado 18 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://nacionesunidas.org.co/ods/>
25. Minamata-Convention-booklet-sp-full.pdf [Internet]. [citado 21 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/COP1%20version/Minamata-Convention-booklet-sp-full.pdf>
26. Organización Mundial de la Salud. Preguntas más frecuentes [Internet]. [citado 22 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/about/who-we-are/frequently-asked-questions>
27. OMS | Epidemiología [Internet]. WHO. World Health Organization; [citado 22 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/topics/epidemiology/es/>
28. Aguirre MV. Factores determinantes de la salud: Importancia de la prevención. 2011;28(4):5.
29. OMS | Determinantes sociales de la salud [Internet]. WHO. World Health Organization; [citado 22 de octubre de 2020]. Disponible en: https://www.who.int/social_determinants/es/
30. Redacción. Mercurio | Qué es, características, usos, efectos, termómetro | Mineral [Internet]. Rocas y Minerales. 2019 [citado 22 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.rocasyminales.net/mercurio/>
31. Carlos Federico Molina Castaño. Modelo de transferencia de mercurio en mujeres lactantes y sus hijos en áreas de explotación aurífera con alta contaminación ambiental por este metal. departamento de Antioquia, Colombia. 2017.
32. Afrifa J, Essien-Baidoo S, Ephraim RKD, Nkrumah D, Dankyira DO. Reduced egfr, elevated urine protein and low level of personal protective equipment compliance among artisanal small scale gold miners at Bibiani-Ghana: a cross-sectional study. BMC Public Health. 27 de 2017;17(1):601.
33. Función renal de medición [Internet]. News-Medical.net. 2016 [citado 30 de octubre de 2020]. Disponible en: [https://www.news-medical.net/health/Measuring-renal-function-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Measuring-renal-function-(Spanish).aspx)
34. Brázdová ZD, Pomerleau J, Fiala J, Vorlová L, Müllerová D. Heavy metals in hair samples: a pilot study of anaemic children in Kazakhstan, Kyrgyzstan and Uzbekistan. Cent Eur J Public Health. diciembre de 2014;22(4):273-6.

35. Vianna A dos S, Matos EP de, Jesus IM de, Asmus CIRF, Câmara V de M. Human exposure to mercury and its hematological effects: a systematic review. *Cad Saúde Pública*. 2019;35(2):e00091618.
36. Weinhouse C, Ortiz EJ, Berky AJ, Bullins P, Hare-Grogg J, Rogers L, et al. Hair Mercury Level is Associated with Anemia and Micronutrient Status in Children Living Near Artisanal and Small-Scale Gold Mining in the Peruvian Amazon. *Am J Trop Med Hyg*. diciembre de 2017;97(6):1886-97.
37. Chocó, en la ruta de la #MineríaBienHecha | Agencia Nacional de Minería ANM [Internet]. [citado 4 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.anm.gov.co/?q=Choco_en_la_ruta_de_mineria_bien_hecha_
38. Choco-Colombia-Gold-Baseline-ESP.pdf [Internet]. [citado 4 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://mneguidelines.oecd.org/Choco-Colombia-Gold-Baseline-ESP.pdf>
39. UNODC United Nations Office on Drugs and Crime. 98.000 hectareas con evidencias de explotacion de oro de aluvion (EVOA) [Internet]. [citado 26 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.unodc.org/colombia/es/98-000-hectareas-con-evidencias-de-explotacion-de-oro-de-aluvion-evoa.html>
40. Mincomercio. Información: Perfiles Económicos Departamentales. octubre de 2020;34.
41. Osorio-García SD, Hernández-Florez LJ, Sarmiento R, González-Álvarez YC, Perez-Castiblanco DM, Barbosa-Devia MZ, et al. Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013. *Rev Salud Pública*. agosto de 2014;16:621-8.
42. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 6.^a ed. México, D.F.: McGraw-Hill Education; 2014.
43. Hernández Ávila M. Epidemiología. Diseño y análisis de estudios. Hegel 141 2do piso, Chapultepec Morales C.P. 11570, México, D.F.: Editorial Médica Panamericana S.A de C.V.; 2007.
44. DANE. Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 [Internet]. 2019. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190806-CNPV-presentacion-Choco.pdf>
45. Universidad de Córdoba. Proyecto CT 849-2018 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. 2018.

46. Organización Mundial de la Salud, Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas. Pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos. 4.ª ed. CIOMS; 2016.
47. Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_1581_2012] [Internet]. 2012 [citado 15 de octubre de 2020]. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1581_2012.html
48. Resolución-8430-de-1993.pdf [Internet]. [citado 15 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

ANEXOS

Anexo 1. Formulario "Parámetros hematológicos y de la función renal asociados a la exposición al mercurio en pobladores del bajo atrato-2019"

<https://forms.gle/quakgmYSiSdrtNUX7>

REGISTRO DE DATOS INVESTIGACIÓN "PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y DE LA FUNCIÓN RENAL ASOCIADOS A LA EXPOSICIÓN AL MERCURIO EN MINEROS Y POBLADORES DEL BAJO ATRATO-2019"

Realizar la verificación de los siguientes ítems de cada registro que se encuentra en la base de datos.
ELABORADO POR MIRNA YADIRA ROBLEDO MORENO

Sexo *

Selección

Hombre	<input type="checkbox"/>
Mujer	<input type="checkbox"/>

Ocupación *	
	Selección
Minero	<input type="checkbox"/>
Agricultor	<input type="checkbox"/>
Pescador	<input type="checkbox"/>
Docente	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>

Lugar de residencia *	
	Selección
Riosucio	<input type="checkbox"/>
Bojayá	<input type="checkbox"/>
Vigia del Fuerte	<input type="checkbox"/>
Murindó	<input type="checkbox"/>

Edad (Años) *	
	Selección
18 -25	<input type="checkbox"/>
25 - 29	<input type="checkbox"/>
30 - 39	<input type="checkbox"/>
40 - 49	<input type="checkbox"/>
50 - 59	<input type="checkbox"/>
60 - 65	<input type="checkbox"/>

Muestras biológicas tomadas *	
	Selección
Sangre	<input type="checkbox"/>
Orina	<input type="checkbox"/>
Cabello	<input type="checkbox"/>

Anexo 2. Proceso de obtención de la Información (solicitud de base de datos a la Universidad de Córdoba)

Medellín, 21 de septiembre de 2020

Señores
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
Atn. Dr. José Luis Marrugo Negrete
Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental
Córdoba – Montería

Referencia: Solicitud de base 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", para trabajo de grado maestría en Epidemiología.

Cordial Saludo

De la manera más atenta, solicito a usted facilitarme la base 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". Para efectos de adelantar el trabajo de grado, en calidad de estudiante del programa Maestría en Epidemiología, de la universidad CES, sede Medellín-Antioquia.

Agradezco su gentil colaboración.

Atentamente,



MIRNA YADIRA ROBLEDO MORENO
CC 52.424.726 Bogotá
Estudiante II Semestre Maestría en Epidemiología
Universidad CES Medellín-Antioquia

Anexo 3. Cronograma



CRONOGRAMA

Código:

18/02/2020

Versión: 05

PROCESO

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

DURACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	MESES																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Elaboración y construcción de la Propuesta de investigación	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Revisión de los jurados																											
Aprobación de la investigación por los jurados																											
Solicitud de la base de datos a la Universidad de Córdoba										█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Revisión de la base de datos																											
Depuración a la base de datos																											
Control de calidad a la base de datos																											
Registro de la información de la base de datos																											
Generación de tablas de salida																											
Escritura del informe final																											
Escritura del artículo																											
Someter el artículo a revisión																											
Sustentación oral y pública																											
Participación en evento científico																											
Publicación del artículo																											



FORMATO CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

Código: FR-IN-020	Fecha: 13/09/2020	Versión: 05
PROCESO	Investigación e Innovación	

TÍTULO DEL PROYECTO	PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y DE FUNCIÓN RENAL ASOCIADOS A LA EXPOSICIÓN AL MERCURIO EN						
PRESUPUESTO GENERAL							
RUBROS	ENTIDADES FINANCIADORAS						
	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN	RECURSOS PROPIOS		UNIVERSIDAD CES		UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	
	Dinero	Dinero	Especie	Dinero	Especie	Dinero	Especie
PERSONAL CIENTÍFICO				\$ 8.328.480		\$ 8.328.480	
PERSONAL DE APOYO							
VIAJES		\$ 330.000					
SALIDAS DE CAMPO							
EVENTOS CIENTÍFICOS		\$ 4.000.000					
EQUIPOS Y SOFTWARE		\$ 3.487.000					
MATERIALES		\$ 60.000					
SERVICIOS TÉCNICOS		\$ 1.000.000					
BIBLIOGRAFÍA		\$ 300.000					
PUBLICACIONES Y PATENTES		\$ 500.000					
TOTAL	\$ -	\$ 7.877.000,00	\$ -	\$ 8.328.480,00	\$ -	\$ 8.328.480,00	\$ -

PRESUPUESTO DETALLADO												
PERSONAL CIENTÍFICO						DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN	RECURSOS PROPIOS		UNIVERSIDAD CES		UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	
Nombre del participante	Nivel máximo de formación	Actividades a realizar en el proyecto	Horas mensuales dedicadas al	N° de meses	Valor / Hora		Dinero	Dinero	Especie	Dinero	Especie	Dinero
Mima Yadira Pobleto Moreno	Pregrado	Investigador ppal	56	12	\$ 43.157		\$ 33.033.504					
Carlos Federico Molina	Doctorado	Coinvestigador	8	12	\$ 86.755				\$ 8.328.480			
José Luis Marrugo Negrete	Doctorado	Coinvestigador	8	12	\$ 86.755						\$ 8.328.480	

Anexo 5. Formato ficha técnica comité de ética en humanos

 UNIVERSIDAD CES Un compromiso con la excelencia <small>INVESTIGACION</small>	FORMATO FICHA TÉCNICA COMITÉ DE ÉTICA EN HUMANOS	
	Código: FR-IN-024	Fecha: 30/11/2018
PROCESO	Investigación e Innovación	

El presente formato tiene como propósito obtener información general sobre aspectos metodológicos y éticos del proyecto, con el fin de que éste sea evaluado en el comité de ética de investigación en humanos.

Importante: Diligencie el formato en su totalidad y tenga en cuenta las notas aclaratorias para asegurar un adecuado diligenciamiento, así mismo, verifique la consistencia de la información aquí consignada, con la registrada en otros formatos.



1. TÍTULO DEL PROYECTO			
PARAMETROS HEMATOLOGICOS Y DE LA FUNCION RENAL ASOCIADOS A LA EXPOSICION AL MERCURIO EN MINEROS Y POBLADORES DEL BAJO ATRATO-2018			
ASPECTOS TÉCNICOS Y METODOLÓGICOS			
2. Objetivo General			
Determinar la relación de los parámetros hematológicos y de la función renal con los niveles de mercurio y las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias y sociales en adultos trabajadores de la minería y pobladores del Bajo Atrato; con el fin de aportar información que permita el control del uso de metales pesados en las actividades ocupacionales.			
3. Objetivos específicos			
<ul style="list-style-type: none"> • Describir las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias, sociales, laborales, niveles de mercurio, parámetros hematológicos y renales de la población adulta que habita en los 4 municipios seleccionados del Bajo Atrato. • Determinar la asociación entre las condiciones demográficas, ambientales, sanitarias, sociales y laborales con los hallazgos de mercurio en matrices biológicas (sangre, orina y cabello). • Modelar la relación entre las variables sociodemográficas, niveles de mercurio (sangre, orina y cabello), parámetros hematológicos y de la función renal de pobladores en los municipios seleccionados del Bajo Atrato. 			
4. Marque con una X cuáles de los siguientes grupos poblacionales incluirá en su estudio (puede marcar varias opciones o ninguna de ellas si su estudio no está dirigido de manera particular a alguno de estos grupos)			
Afroamericanos	<input type="checkbox"/>	Indígenas	<input type="checkbox"/>
Analfabetas	<input type="checkbox"/>	Menores de 18 años	<input type="checkbox"/>
Desplazados	<input type="checkbox"/>	Mujeres durante trabajo de parto, puerperio o lactancia	<input type="checkbox"/>
Discapacitados	<input type="checkbox"/>	Mujeres embarazadas	<input type="checkbox"/>
Empleados y miembros de las fuerzas armadas	<input type="checkbox"/>	Mujeres en edad fértil	<input type="checkbox"/>
Estudiantes	<input type="checkbox"/>	Pacientes reclusos en clínicas psiquiátricas	<input type="checkbox"/>
Recién nacidos	<input type="checkbox"/>	Trabajadoras sexuales	<input type="checkbox"/>
Personas en situación de calle	<input type="checkbox"/>	Trabajadores de laboratorios y hospitales	<input type="checkbox"/>
Personas internas en reclusorios o centros de readaptación social	<input type="checkbox"/>	Otro personal subordinado	<input type="checkbox"/>
5. Indique el tipo de estudio que se empleará para el desarrollo de la investigación	Estudio observacional, transversal, analítico de fuente secundaria		
6. La fuente de información de los datos del estudio será (Puede marcar varias opciones)	<input type="checkbox"/>	Primarias (Datos recopilada directamente de los participantes)	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	Secundarias (Datos recopilados a partir de registros existentes)	X
7. ¿En este estudio se realizarán intervenciones que modifiquen variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio?	Si	<input type="checkbox"/>	No
	<input type="checkbox"/>	Si	X
8. ¿En este estudio se indagará a los participantes sobre aspectos sensibles de la conducta (Situaciones, eventos, recuerdos o palabras que activen emociones que lleven	Si	<input type="checkbox"/>	No
	<input type="checkbox"/>	Si	X



Código: FR-IN-024	Fecha: 30/11/2018	Versión: 03
PROCESO	Investigación e Innovación	

a alterar el estado de ánimo o la conducta)?				
9. Describa los procedimientos que se llevarán a cabo en el estudio	Análisis de una base de datos con información sociodemográfica, ambiental y determinaciones renales, hematológicas y de mercurio en matrices biológicas (sangre, orina y cabello) de mineros y pobladores del Bajo Atrato (Riosucio, Bojayá, Murindó y Vigía del Fuerte)			
10. ¿En este estudio se aleatorizarán sujetos?	Si	No	X	
11. Describa los grupos (En los casos que aplique)				
12. Indique los criterios de inclusión	<ul style="list-style-type: none"> Habitantes de los municipios Riosucio, Bojayá, Vigía del fuerte y Murindó del Bajo Atrato Mayores de 18 años Información de resultados hematológicos y de función renal Información de la encuesta sociodemográfica y ambiental debidamente diligenciada mínimo al 90 % 			
13. Indique los criterios de exclusión	<ul style="list-style-type: none"> Registro con pérdida de la información mayor al 10 % en la encuesta sociodemográfica y ambiental mayores de 65 años 			

CONSIDERACIONES ÉTICAS

14. Indique la clasificación del estudio de acuerdo con el Artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993 (Marque con una X sólo una opción)				
Sin riesgo ¹	X	Riesgo mínimo ²		Riesgo mayor que el mínimo ³
15. ¿Los sujetos de investigación podrán participar de otro estudio mientras estén participando en éste?	Si	X	No	
16. ¿Los sujetos de investigación recibirán algún tipo de incentivo o pago por su participación en el estudio?	Si		No	X
17. En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 31, indique cuáles:				
18. ¿Los sujetos de investigación deberán asumir algún costo por su participación que sea diferente del costo del tratamiento que recibe como parte del manejo establecido por su condición médica?	Si		No	X
19. En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 18, indique cuáles:				
20. Describa los riesgos potenciales para los participantes	Ninguno, al tratarse de una base de datos			
21. Indique las precauciones que se tomarán para evitar	Base de datos encriptada bajo estricta confidencialidad			

¹ Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.

² Son estudios prospectivos que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, electrocardiogramas, pruebas de agudeza auditiva, termografías, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, recolección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimientos profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa en adultos en buen estado de salud, con frecuencia máxima de dos veces a la semana y volumen máximo de 450 ml en dos meses excepto durante el embarazo, ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a grupos o individuos en los que no se manipulará la conducta del sujeto, investigación con medicamentos de uso común, amplio margen terapéutico y registrados en este Ministerio o su autoridad delegada, empleando las indicaciones, dosis y vías de administración establecidas y que no sean los medicamentos que se definen en el artículo 55 de la resolución.

³ Son aquellas en que las probabilidades de afectar al sujeto son significativas, entre las que se consideran: estudios radiológicos y con microondas, estudios con los medicamentos y modalidades que se definen en los títulos III y IV de esta resolución, ensayos con nuevos dispositivos, estudios que incluyen procedimientos quirúrgicos, extracción de sangre mayor al 2% del volumen circulante en neonatos, amniocentesis y otras técnicas invasoras o procedimientos mayores, los que empleen métodos aleatorios de asignación a esquemas terapéuticos y los que tengan control con placebos, entre otros.



Código: FR-IN-024

Fecha: 30/11/2018

Versión: 03

PROCESO

Investigación e Innovación

potenciales riesgos a los sujetos del estudio				
22. Describa cómo será el proceso de disposición final de material biológico, reactivos, materiales contaminantes o sustancias químicas (En los casos que aplique)		No aplica		
23. Describa el plan de monitoreo y seguridad que se desarrollará para garantizar la confidencialidad tanto de los participantes como de la información que éstos suministren		Base de datos encriptada y firma de contrato con la Universidad Córdoba donde me comprometo a garantizar la confidencialidad de los datos y resultados de la investigación.		
24. Describa los beneficios para los participantes de la investigación				
25. Describa los beneficios que se obtendrán con la ejecución de la investigación		Llevar un nuevo conocimiento respecto a la afección por el uso del mercurio y que este permita mejorar las practicas mineras y las intervenciones en salud en la comunidad.		
26. ¿En el proyecto existen conflictos de interés?		Si	No	X
27. En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 26 indique cuáles:				
28. En caso de existir conflicto de interés, indique cómo se garantizará que éste no afecte el desarrollo de la investigación				
CONSENTIMIENTO INFORMADO				
29. ¿En el proyecto se tiene contemplada la aplicación de consentimiento informado?		Si ⁴	No	X
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 29, responda las preguntas N° 30 a 32, en caso contrario, pase a la pregunta N° 33				
30. ¿Quién obtendrá el consentimiento informado?				
31. ¿Cómo será obtenido el consentimiento informado?		Verbal	Por escrito	
32. ¿Cómo se garantizará que los participantes de la investigación han comprendido el alcance y las condiciones de su participación?				

⁴ Se debe anexas documento de consentimiento informado y asentimiento (en caso de menores de edad). Debe ser redactado en lenguaje sencillo, claro y comprensible para la población a la que está dirigida y debe incluir siguientes items:

- Título del proyecto
- Justificación y objetivos de la investigación.
- Descripción detallada de los procedimientos que se realizar.
- Las molestias o los riesgos esperados (físicos, psicosociales, económicos, legales y otros que pueda prever el investigador) y los mecanismos que se utilizarán para minimizarlos.
- Descripción de los beneficios directos para los participantes y los beneficios indirectos que se obtendrán con el desarrollo de la investigación.
- Los procedimientos alternativos que pudieran ser ventajosos para el sujeto (en caso que existan)
- La garantía de recibir respuesta a cualquier pregunta y aclaración a cualquier duda acerca de los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y el tratamiento del sujeto.
- Garantía de libertad tanto de participar como de retirar su consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio sin que por ello se creen perjuicios para continuar su cuidado y tratamiento.
- La seguridad que no se identificará al sujeto y que se mantendrá la confidencialidad de la información relacionada con su privacidad.
- La garantía de que la investigación no generará costos adicionales a los participantes.
- El compromiso de proporcionarle información actualizada obtenida durante el estudio, aunque ésta pudiera afectar la voluntad del sujeto para continuar participando.
- La disponibilidad de tratamiento médico y la indemnización a que legalmente tendría derecho, por parte de la institución responsable de la investigación, en el caso de daños que le afecten directamente, causados por la investigación.
- Los datos de contacto de los investigadores (Nombre, correo electrónico y número telefónico) para que los participantes puedan recibir la información



Código: FR-IN-024

Fecha: 30/11/2018

Versión: 03

PROCESO

Investigación e Innovación

ELEMENTOS A UTILIZAR EN EL ESTUDIO			
RADIOISÓTOPOS			
33. ¿En este proyecto se utilizarán radioisótopos?	Si	No	X
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 33 responda las preguntas N° 34 a 36, en caso contrario, pase a la pregunta N° 37			
34. Describa el radioisótopo:			
35. Indique la dosis y vía de administración:			
36. ¿El uso de radioisótopos y/o máquinas que producen radiación se realizará solo porque el sujeto está participando en este proyecto?	Si	No	
MÁQUINAS QUE PRODUCEN RADIACIÓN			
37. ¿En este proyecto se utilizarán máquinas que producen radiación?	Si	No	X
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 37, responda las preguntas N° 38 a 39, en caso contrario, pase a la pregunta N° 40			
38. Describa el procedimiento y el número de veces que se realizará en cada sujeto			
39. ¿El uso de las máquinas se realizará solo porque el sujeto está participando en este proyecto?	Si	No	
MEDICAMENTOS POTENCIALMENTE ADICTIVOS			
40. ¿En este proyecto se utilizarán medicamentos potencialmente adictivos?	Si	No	X
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 40, responda las preguntas N° 41 a 43, en caso contrario, pase a la pregunta N° 44			
41. Nombre del producto:			
42. Usos aprobados:			
43. ¿Estos medicamentos se utilizarán sólo porque el sujeto está participando en este proyecto?	Si	No	
MEDICAMENTOS Y/O DISPOSITIVOS EXPERIMENTALES			
44. ¿En este proyecto se utilizarán medicamentos y/o dispositivos experimentales?	Si	No	X
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 44, responda las preguntas N° 45 a 46, en caso contrario, pase a la pregunta N° 47			
45. Nombre del producto:			
46. Descripción del producto:			
MEDICAMENTOS, REACTIVOS U OTROS COMPUESTOS QUÍMICOS COMERCIALMENTE DISPONIBLES			
47. ¿En este proyecto se utilizarán medicamentos reactivos u otros compuestos químicos comercialmente disponibles (Con registro INVIMA)?	Si ⁵	No	X
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 47, responda las preguntas N° 48 a 53, en caso contrario, pase a la pregunta N° 54			
48. Nombre del producto:			
49. Casa Farmacéutica:			
50. Usos aprobados:			

⁵ Se debe anexar registro INVIMA



**FORMATO FICHA TÉCNICA
COMITÉ DE ÉTICA EN HUMANOS**

Código: FR-IN-024

Fecha: 30/11/2018

Versión: 03

PROCESO

Investigación e Innovación

51. ¿Estos medicamentos se utilizarán sólo porque el sujeto está participando en este proyecto?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
52. ¿Para este medicamento se han reportado reacciones adversas o toxicidad?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
53. En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 52, indique las reacciones adversas reportadas				
EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS				
54. ¿En este proyecto se utilizarán Equipos y/o dispositivos (Con registro INVIMA)?	Si ⁶	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 54, responda las preguntas N° 55 a 59, en caso contrario, pase a la pregunta N° 60				
55. Nombre del equipo:				
56. Indicación:				
57. Beneficios:				
58. ¿Para este equipo se han reportado riesgos potenciales?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
59. En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 58, indique los riesgos potenciales reportados				
SANGRE O FLUIDOS CORPORALES				
60. En este proyecto se utilizará sangre o fluidos corporales	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 60, responda las preguntas N° 61 a 63, en caso contrario, pase a la pregunta N° 64				
61. ¿Cuál es el origen de estas muestras?	Se tomaron en un estudio anterior	<input type="checkbox"/>	Se tomarán en este estudio	<input type="checkbox"/>
62. En caso que estas muestras se tomen directamente en este estudio, se tiene previsto su uso en otras investigaciones	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
63. ¿En caso que estas muestras se hayan recopilado en un estudio anterior, se dispone del consentimiento informado que permita el uso de las muestras en otras investigaciones?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
EMBRIONES HUMANOS O CÉLULAS EMBRIONARIAS				
64. En este proyecto se utilizarán embriones humanos o células embrionarias	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 64, responda las preguntas N° 65 a 67, en caso contrario, pase a la pregunta N° 68				
65. ¿Cuál es el origen de estas muestras?	Se tomaron en un estudio anterior	<input type="checkbox"/>	Se tomarán en este estudio	<input type="checkbox"/>
66. En caso que estas muestras se tomen directamente en este estudio, se tiene previsto su uso en otras investigaciones	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
67. ¿En caso que estas muestras se hayan recopilado en un estudio anterior, se dispone del consentimiento informado que permita el uso de las muestras en otras investigaciones?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
ÓRGANOS O TEJIDOS DE CADÁVERES HUMANOS				
68. ¿En este proyecto se utilizarán órganos o tejidos de cadáveres humanos?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 68, responda las preguntas N° 69 a 71, en caso contrario, pase a la pregunta N° 72				
69. ¿Cuál es el origen de estas muestras?	Se tomaron en un	<input type="checkbox"/>	Se tomarán en	<input type="checkbox"/>

⁶ Se debe anexar registro INVIMA



UNIVERSIDAD CES
Un compromiso con la excelencia
VIAJANDO EN EDUCACIÓN

**FORMATO FICHA TÉCNICA
COMITÉ DE ÉTICA EN HUMANOS**

Código: FR-IN-024

Fecha: 30/11/2018

Versión: 03

PROCESO

Investigación e Innovación

	estudio anterior		este estudio	
70. En caso que estas muestras se tomen directamente en este estudio, se tiene previsto su uso en otras investigaciones	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
71. ¿En caso que estas muestras se hayan recopilado en un estudio anterior, se dispone del consentimiento informado que permita el uso de las muestras en otras investigaciones?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
MICROORGANISMOS PATÓGENOS O MATERIAL BIOLÓGICO				
72. En este proyecto se utilizarán microorganismos patógenos o material biológico	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
En caso de responder afirmativamente la pregunta N° 72, responda las preguntas N° 73 a 75				
73. ¿Cuál es el origen de estas muestras?	Se tomaron en un estudio anterior	<input type="checkbox"/>	Se tomarán en este estudio	<input type="checkbox"/>
74. En caso que estas muestras se tomen directamente en este estudio, se tiene previsto su uso en otras investigaciones	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
75. ¿En caso que estas muestras se hayan recopilado en un estudio anterior, se dispone del consentimiento informado que permita el uso de las muestras en otras investigaciones?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>