

ACCIONES PARA LA PROTECCIÓN DE LA VIDA Y DEL TERRITORIO EN ENTORNOS MINEROS

Aprendizajes sobre la **contaminación con mercurio** en La Toma y Yolombó, Cauca

Vélez-Torres, Irene y Henao-Gallego, Natalia (Eds.)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Diagnóstico integrativo y participativo de la contaminación con mercurio y sus efectos en la salud en el alto cauca, Colombia. Primeros pasos hacia el desarrollo local de soluciones sustentables”.

Liderado por la **Universidad del Valle**, en articulación entre la **Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR)**, la **Escuela de Estadística** y la **Escuela de Salud pública**

CITACIÓN RECOMENDADA: Vélez-Torres, Irene y Henao-Gallego, Natalia (Eds.) (2022). Acciones para la protección de la vida y del territorio en entornos mineros. Aprendizajes sobre la contaminación con mercurio en el Consejo Comunitario de La Toma, Cauca. Santiago de Cali: Universidad del Valle. Pp. 83

FINANCIADO POR

Delft Institute for Water Education (IHE Delft), Programa DUPC2

APOYADO POR

MinCiencias

DATOS DE CONTACTO

Web: <https://mercurioaltocauca.com/>

E-mail del proyecto: proyctomercuriocauca@gmail.com

E-mail de la Investigadora Principal: irene.velez@correounivalle.edu.co

ORGANIZACIONES SOCIALES ALIADAS

Consejo Comunitario de La Toma, Cauca

Asociación de Mujeres Afrodescendientes de la Vereda Yolombó de Suarez, Cauca (ASOMUAFROYO)

EQUIPO DE ELABORACIÓN

INVESTIGADORES/AS EN LA

UNIVERSIDAD DEL VALLE, COLOMBIA

Irene Vélez-Torres, PhD (P.I.)

Profesora Titular, Escuela de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR)

Luz Edith Barba-Ho, MSc

Profesora Titular, Escuela de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR)

Carlos Arturo Madera, PhD

Profesor Asociado, Escuela de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR)

Jaime Mosquera Restrepo, PhD

Profesor Asociado, Escuela de Estadística

Fabián Méndez, PhD

Profesor Titular, Escuela de Salud Pública

CO-INVESTIGADOR EN COLOMBIA

José Luis Marrugo-Negrete, PhD

Profesor Titular, Universidad de Córdoba

CO-INVESTIGADORES INTERNACIONALES

Diana Vanegas, PhD

Profesora asistente, Clemson University (Estados Unidos)

Carlos José Sousa Passos, PhD

Profesor asociado, Universidad de Brasilia (Brasil)

COMPILACIÓN Y COORDINACIÓN

Natalia Henao-Gallego, PhD

Departamento de Biología, Universidad del Valle

ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN EN COLOMBIA

Carolina Moreno, Ing.

Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad del Valle

Lisseth Casso, Ing.

Ingeniería de alimentos, Universidad del Valle

Claudia Lorena Montes

Estadística, Universidad del Valle

Sheryl Iona Vidales

Psicología, Universidad del Valle

ESTUDIANTES DE PREGRADO

Audrey Vanessa López, Ing.

Escuela de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR), Universidad del Valle (Colombia)

María Camila Mejía Jiménez, Ing.

Escuela de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR), Universidad del Valle (Colombia)

Juan Sebastián Rincón Buchelli

Estudiante de EIDENAR, Universidad del Valle (Colombia)

Paulina Rojas Lemos

Estudiante de EIDENAR, Universidad del Valle (Colombia)

Byron Wladimir Bolaños

Estudiante de EIDENAR, Universidad del Valle (Colombia)

ESTUDIANTE DE MAESTRÍA

Chiara Chiavaroly

Departamento de Alimentos y Economía de los Recursos, Universidad de Copenhague (Dinamarca)

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Diana Corredor

Departamento de Diseño, Universidad del Valle

Karen Flóres C

Departamento de Diseño, Universidad del Valle

ILUSTRACIONES

Karen Flóres C

Departamento de Diseño, Universidad del Valle

Tabla de contenido

Presentación	7
El mercurio como contaminante.....	12
Mercurio: características y distribución	12
El metilmercurio: la forma más tóxica del mercurio	14
¿Cómo puede ocurrir la exposición de las personas al mercurio?	14
Posibles vías de exposición a mercurio en entornos mineros.....	15
Efectos del mercurio en la salud humana.....	15
Proyecto Mercurio Alto Cauca.....	16
Metodología mixta y participativa.....	16
La metodología mixta participativa incluyó dos tipos de investigación	18
Dimensiones para determinar el estado de contaminación por mercurio en La Toma y Yolombó	20
AGUA.....	22
Estado de contaminación de las fuentes de agua para consumo humano	22
Metodología para la evaluación del estado de las fuentes de agua.....	23
Resultados sobre el estado de las fuentes de agua en La Toma y Yolombó	27
Las prácticas y espacios de consumo de agua.....	27
Estado de las fuentes de agua para consumo humano en Yolombó y La Toma	28

Evaluación de la contaminación por mercurio	28
Evaluación de la contaminación física y microbiológica del agua	31
pH del agua	32
Turbiedad.....	35
Contaminación microbiológica: Coliformes totales y Coliformes fecales	36
Estado del agua en el río Ovejas	38
Índice ICA DINIUS para evaluar la calidad del agua	39
PECES	42
Desechos de la minería en el río Ovejas y el consumo de peces por los habitantes.....	42
Metodología para conocer las prácticas de pesca y el estado de contaminación de los peces del río Ovejas.....	42
Determinación del grado de contaminación con mercurio (Hg) en peces del río Ovejas.....	43
Resultados y recomendaciones acerca del consumo de peces del río Ovejas.....	45
El consumo de peces por los habitantes de La Toma y Yolombó.....	45
Las prácticas de pesca de los habitantes de La Toma y Yolombó.....	46
Estado de contaminación de los peces del río Ovejas	48
¿Cuál es el riesgo al que está expuesta una persona si consume peces contaminados a lo largo de todo el año?.....	51

SALUD	58
¿Cómo puede el mercurio perjudicar la salud humana?	58
¿Cómo estudiamos el mercurio y sus efectos en la salud?	59
Resultados sobre los niveles de mercurio en las personas y afectaciones en salud.....	63
Lo que dice la encuesta sobre las prácticas de uso del mercurio y la forma de protegerse en la población.	63
Contenidos de mercurio en muestras de cabello.....	65
Exposiciones asociadas a la presencia de mercurio en cabello	65
Síntomas y hallazgos al examen médico	66
Recomendaciones para proteger la salud de la comunidad.....	67
PERSPECTIVA DE GÉNERO	70
¿De qué manera perciben los hombres y las mujeres la problemática de contaminación por mercurio?	70
La mujer en el hogar	70
Metodología para conocer la forma en que hombres y mujeres perciben la contaminación por mercurio....	71
Resultados y recomendaciones	72
Los hombres y las mujeres hacen diferentes tipos de minería	72
Las mujeres perciben los síntomas asociados a la contaminación por mercurio	74
Principales problemáticas y soluciones expresadas por las mujeres de La Toma y Yolombó	75
NORMATIVAS QUE ESTABLECEN LOS LÍMITES PERMISIBLES DE MERCURIO EN AGUA, AIRE Y ALIMENTOS	76
REFERENCIAS.....	79

Presentación



La **Minería Tradicional de Oro** en el municipio de Suárez se remonta a principios del siglo XVII, cuando personas originarias de África Central fueron desterradas para ser esclavizadas y forzadas a trabajar en la extracción de oro y plata de la cuenca alta del río Cauca (Navarrete, 2005; Machado Caicedo, 2007). Pese a su legado colonial, la minería de oro tiene también una dimensión liberadora en la historia de estas comunidades, pues muchos/as mineros/as pagaron su libertad y la de sus familias con oro (Massé y Le Billon, 2018).

Durante el siglo XX, los afrodescendientes de la zona diversificaron su economía con otras actividades como la pesca, la cacería y la agricultura. Cultivos como el cacao y el café han sido promisorios en esta región. El siglo XXI trajo nuevos desafíos para las comunidades afro-descendientes de la zona,

quienes tuvieron que defender su territorio de los intereses de multinacionales, de actores armados y de personas foráneas.

En 2010, el Consejo Comunitario de La Toma, como organización étnica representante de las 5 veredas del Corregimiento de La Toma, ganó una importante batalla contra la gran minería, pues la Corte Constitucional suspendió todos los títulos mineros hasta que no se garantice el derecho constitucional a la Consulta Previa Libre e Informada (**Sentencia T 1045-A**).

Sin embargo, las amenazas contra la vida digna y el territorio ancestral no pararon. La incursión de retroexcavadoras y la llegada de mineros foráneos ha generado nuevas dificultades, en particular por los cambios en el modelo tradicional de extracción de oro.

Nuestro proyecto logró establecer que en las veredas de La Toma y Yolombó, ambas organizadas en torno al Consejo Comunitario de La Toma y a la Asociación de Mujeres Afrodescendientes de la vereda Yolombó en Suárez, Cauca (ASOMUAFROYO), el 79% de los encuestados dice realizar minería libre de mercurio y únicamente el 13% utiliza mercurio en la extracción de oro.

Al modelo minero que utiliza mercurio en la extracción de oro se le conoce como **Minería Artesanal de Oro**. Esta técnica consiste en usar mercurio (también conocido localmente como “azogue”) para hacer una amalgama por medio de la cual se busca separar el oro de las rocas y arenas, y de esta manera procurar mayor productividad. Una vez mezclado el mercurio con los minerales, se quema la amalgama con mercurio y de esta manera se la separa del oro.

La **Minería Artesanal de Oro** es la actividad humana que más contaminación con mercurio genera a escala global. Se calcula que anualmente se liberan al ambiente cerca de 2.000 toneladas de mercurio provenientes de la minería artesanal (Gallo et al., 2021). Suramérica es el mayor responsable de la contaminación con mercurio a escala global, pues

en esta región del planeta se producen 53% de las emisiones (Díaz et al., 2020).

Colombia es el tercer país en el mundo que más contaminación con mercurio produce (Yoshimura et al., 2021). Se calcula que el promedio de emisiones anuales de mercurio son 175 toneladas. Con esa estimación, Colombia es el país que más emisiones de mercurio *per cápita* produce en el mundo (Cordy et al., 2011).

Pese a las aparentes ventajas económicas que produce la utilización del mercurio en el rendimiento minero, es importante tener en cuenta que el mercurio es una sustancia tóxica, bioacumulable y biomagnificable en los seres vivos, que produce efectos irreversibles sobre los cuerpos y territorios afectados por la contaminación.

Son estas consecuencias negativas las que preocupan a la comunidad de La Toma y Yolombó, ya que por un lado se evidencia la pérdida de prácticas tradicionales de extracción de oro, y, por otro lado, se desconoce la magnitud de los efectos negativos en el ambiente y en la salud humana producidos por la dispersión de esta sustancia.



Figura 1. Foto de algunos integrantes del equipo de investigación universitario en compañía de miembros de la comunidad. Yolombó, Cauca, 2020. Fuente: Elaboración propia.

Respondiendo a esta inquietud de la comunidad, en alianza con el **Consejo Comunitario de La Toma** y **ASOMUAFROYO**, la Universidad del Valle ha liderado el proyecto de investigación “Diagnóstico integrativo y participativo de la contaminación con mercurio y sus efectos en la salud en el Alto Cauca, Colombia. Primeros pasos hacia el desarrollo local de soluciones sustentables” (Figura 1). El objetivo de esta investigación transdisciplinaria fue determinar participativamente el estado de contaminación y exposición humana al mercurio proveniente de la minería artesanal de oro, y fomentar la apropiación social de esos conocimientos por parte de la comunidad de La Toma y Yolombó, en el municipio de Suárez (Figura 2).

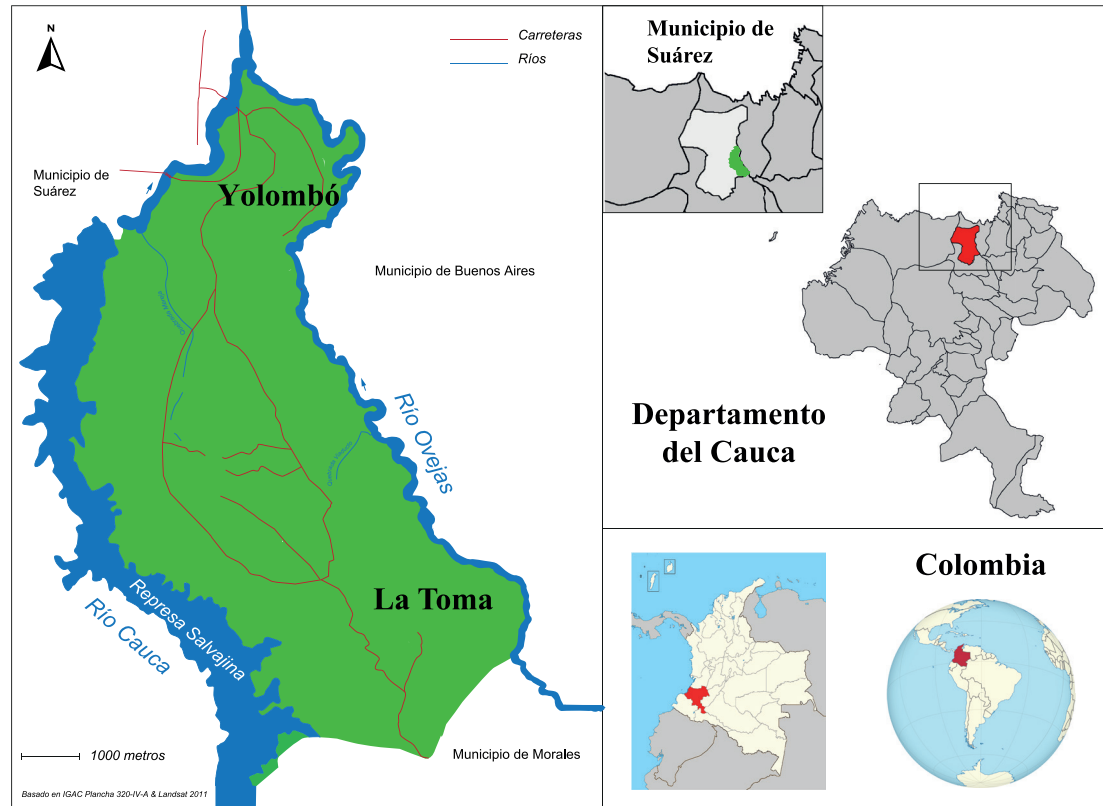
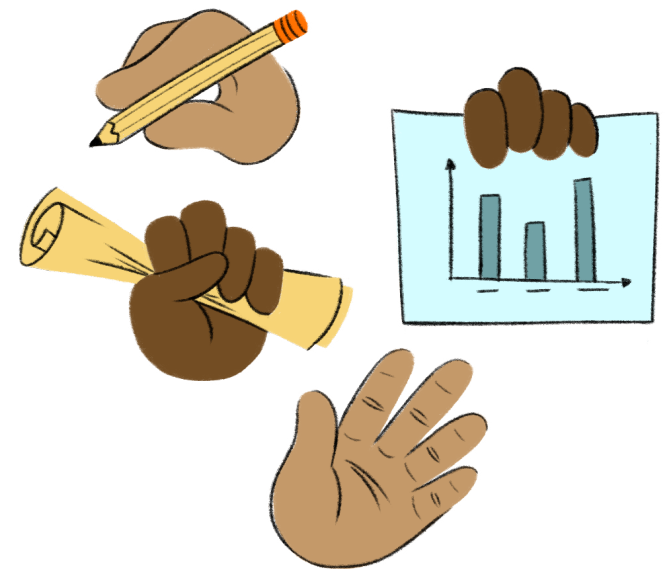


Figura 2. Mapa de localización de las veredas La Toma y Yolombó del corregimiento La Toma en el municipio de Suárez, departamento del Cauca, Colombia Fuente: Elaboración propia.

Esta cartilla presenta el conocimiento generado entre el equipo de investigadores/as, los líderes y las lideresas comunitarias, estudiantes y miembros de la comunidad en general. Los resultados aquí integrados corresponden al trabajo de campo desarrollado entre los años 2018 y 2021, con la participación de más de 200 miembros de la comunidad y un grupo de investigación multidisciplinario, con experticia en biología, ingeniería ambiental, química, pedagogía, geografía humana, estadística, epidemiología y psicología. Articulando los distintos saberes y sentires, impulsamos que la protección del territorio y de la vida involucre los hallazgos en materia de contaminación ambiental, de las transformaciones socio-económicas, y de las dinámicas políticas que se originan con el uso del mercurio en la minería del oro.



El mercurio como contaminante

Mercurio: características y distribución

El mercurio es un elemento químico del grupo de los metales y se representa con el símbolo Hg (Figura 3).

También es conocido como “azogue”, mercurio metálico o plata líquida.

En su forma pura, el mercurio es un metal blanco-plateado, y se presenta en estado líquido a temperatura ambiente.

El mercurio tiene la capacidad de combinarse fácilmente con otros metales como el oro o la plata, produciendo amalgamas.



El mercurio se presenta en tres formas o especies químicas.

1
Hg (0)

El Mercurio elemental o mercurio metálico (0)

Es la forma pura del mercurio y se encuentra en estado gaseoso.

El mercurio metálico no está combinado con otros elementos. Éste forma vapores a temperatura ambiente, por lo que la principal vía de entrada es la inhalatoria.

2
Hg (I)

El Mercurio inorgánico (I)

Se produce cuando el mercurio se combina con elementos tales como cloro, azufre u oxígeno, formando compuestos llamados sales de mercurio.

Algunas de las especies inorgánicas más comunes del mercurio son el cloruro mercuríco HgCl_2 , dihidróxido de mercurio $\text{Hg}(\text{OH})_2$ y el Sulfuro mercuríco HgS .

3
Hg (II)

El Mercurio orgánico (II)

Se produce cuando el mercurio se combina con el carbono.

El mercurio orgánico más común en el ambiente es el metilmercurio MeHg (llamado también monometilmercurio CH_3Hg^+).

El metilmercurio es la forma del mercurio que resulta más tóxica para el ser humano.

Figura 3. Símbolo del mercurio. Fuente: Elaboración propia.

El mercurio se distribuye naturalmente por todo el planeta de dos maneras. Una de éstas, es como un gas en la atmósfera; la otra forma, es desde el interior de la tierra hacia los suelos y las aguas superficiales y subterráneas (Figura 4).

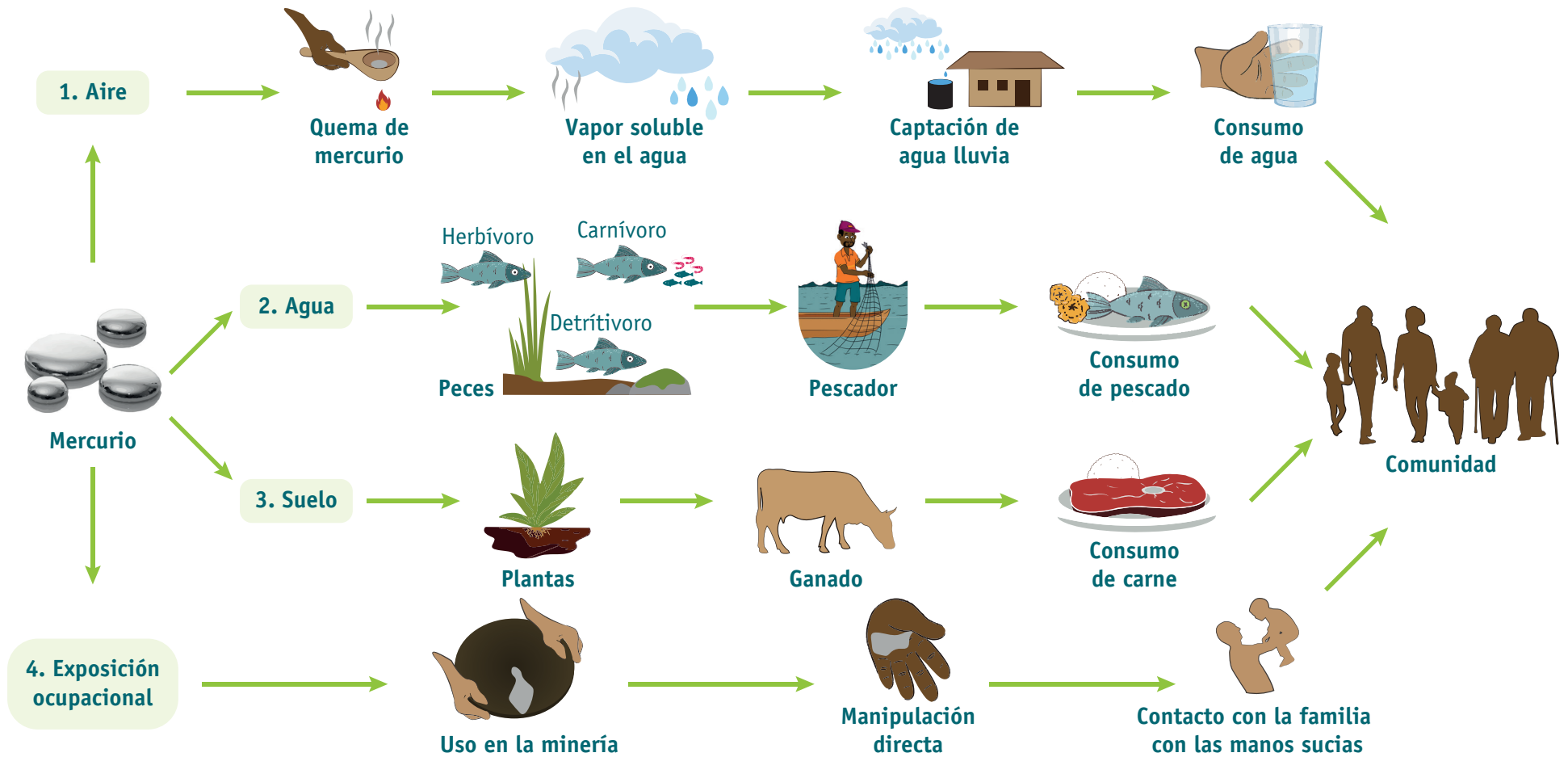


Figura 4. Rutas de exposición y bioacumulación del mercurio. Fuente: Elaboración propia.

Además, actividades humanas como la minería, la quema de combustibles fósiles y algunos productos como insecticidas y fungicidas agrícolas y baterías, liberan grandes cantidades de mercurio hacia el aire y las fuentes hídricas.

En los sedimentos de los ríos, lagos y mares, el mercurio permanece durante largos periodos de tiempo, y por la acción de bacterias especializadas, llega a convertirse en una de sus formas orgánicas más tóxicas: **el Metilmercurio (MeHg)**.

El metilmercurio: la forma más tóxica del mercurio

Cuando el **mercurio inorgánico** entra en contacto con material orgánico presente en el entorno, se desarrolla un proceso químico llamado **metilación**, por medio del cual el mercurio inorgánico se convierte en **mercurio orgánico**.

La metilación ocurre por la actividad de **las bacterias sulfato reductoras** que se encuentran en los sedimentos de ríos, lagos y estuarios. El mercurio orgánico más común en el ambiente es el **metilmercurio o MeHg**.

El metilmercurio resulta tóxico porque tiene la capacidad de acumularse en los cuerpos de los seres vivos; esto es llamado **bioacumulación**. Este

compuesto ingresa a la cadena trófica cuando los sedimentos contaminados son consumidos por los animales y las plantas que viven en el agua (fitoplancton y el zooplancton), posteriormente esas plantas o animales son consumidos por los invertebrados y otros animales acuáticos, luego por los peces y finalmente por el hombre.

¿Cómo puede ocurrir la exposición de las personas al mercurio?

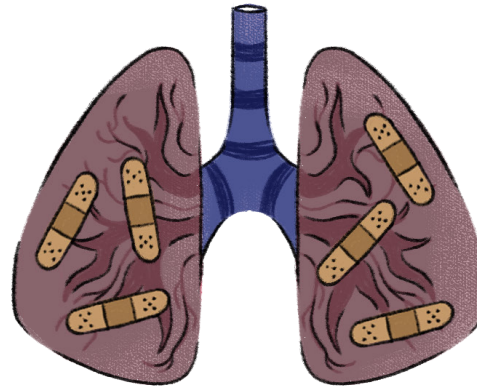
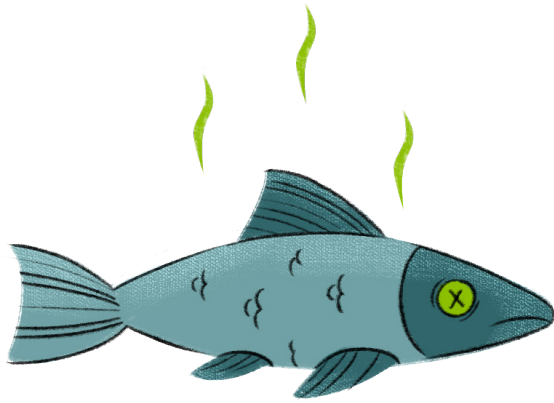
El mercurio puede entrar al cuerpo de las personas por varias rutas y causar efectos negativos en la salud. Las personas se exponen al respirar aire contaminado, al tomar agua o comer alimentos contaminados, o cuando manipulan o entran en contacto con el mercurio a través de la piel.

El mercurio se presenta en diferentes formas; antes explicamos que puede presentarse como metal o como vapor. Dependiendo de estas formas, puede entrar con más facilidad al cuerpo. Por ejemplo, si se llega a tragar por accidente el mercurio en su forma metálica, éste no sería absorbido en gran mayoría por el tracto digestivo. Pero cuando el mercurio se quema, como lo hacen algunas personas que trabajan en minería, esos vapores que se producen entran con gran facilidad por los pulmones, y desde ahí el mercurio pasa a la sangre y al resto del cuerpo.

Cuando el mercurio está presente en los peces, se encuentra como metilmercurio, una forma que es absorbida casi en su totalidad a través del sistema digestivo al consumir el pescado. Adicionalmente, el mercurio puede depositarse en la ropa de alguien que trabaje con esta sustancia, en el suelo o en los muebles, y al estar en contacto con estos elementos, el metal puede pasar al interior del cuerpo a través de la piel. Es por esto que los/as niños/as pequeños, cuando gatean, pueden exponerse bastante al mercurio que está en el piso. Por todo lo anterior, es importante conocer a qué tipo de forma de mercurio se expone una persona y cuál fue la ruta por la que esta sustancia ingresó al organismo.

Una vez dentro del cuerpo, el mercurio permanece por semanas o meses, y se puede acumular principalmente en los riñones y en el cerebro. Si la persona que se expone es una mujer embarazada, el mercurio puede pasar por la placenta hasta el bebé que está en desarrollo, y llegar hasta los órganos del cuerpo que está en formación.

Con el paso del tiempo, alguna parte del mercurio es eliminada en la orina, en las heces o materia fecal, y aún en la respiración. Sin embargo, mientras más tiempo dure la exposición al mercurio, más posibilidad hay de que se acumule esta sustancia tóxica en el cuerpo, y que en consecuencia cause daños en la salud.



Posibles vías de exposición a mercurio en entornos mineros

Por ingesta: La comunidad en general se ve expuesta al mercurio al consumir y utilizar agua contaminada con los efluentes de las minas que utilizan esta sustancia en su proceso, y al consumir pescados contaminados.

Por contacto dérmico: los/as mineros/as que trabajan en las minas que usan mercurio, quienes tienen contacto directo por la piel con el metal tóxico.

También, las mujeres que se quedan en casa dedicadas a labores del hogar y tienen contacto con el mercurio cuando lavan la ropa contaminada de los mineros.

Las mujeres que realizan la minería tradicional también se exponen al mercurio cuando buscan oro en las quebradas del territorio, las cuales han recibido los vertimientos tóxicos desde las minas.

Por inhalación: los/as mineros/as y compradores de oro de zonas mineras también están expuestos/as a través de los vapores de mercurio que pueden ser inhalados por las quemaduras de amalgama de oro con mercurio que se realiza en las cocinas de las viviendas o en cualquier espacio dentro del núcleo de la vereda. Por esta misma vía, los familiares y vecinos pueden inhalar los vapores contaminados, aunque no realicen la quema directamente.

Efectos del mercurio en la salud humana

Por sus efectos en la salud humana, el mercurio representa una amenaza. Para las mujeres en gestación representa un riesgo mayor, debido a que el metilmercurio (MeHg) atraviesa la barrera placentaria, afectando principalmente el sistema nervioso central del feto en formación, lo que podría llegar a causar retardo mental en el recién nacido (ATSDR, 1999; Debes et al., 2016). El mercurio también puede afectar negativamente la reproducción en mujeres que en su dieta consumen pescado contaminado con altas concentraciones de este metal (Trasande et al., 2005). En los adultos, se detectan afecciones localizadas (Figura 5).



El mercurio puede afectar varios órganos y sistemas como:

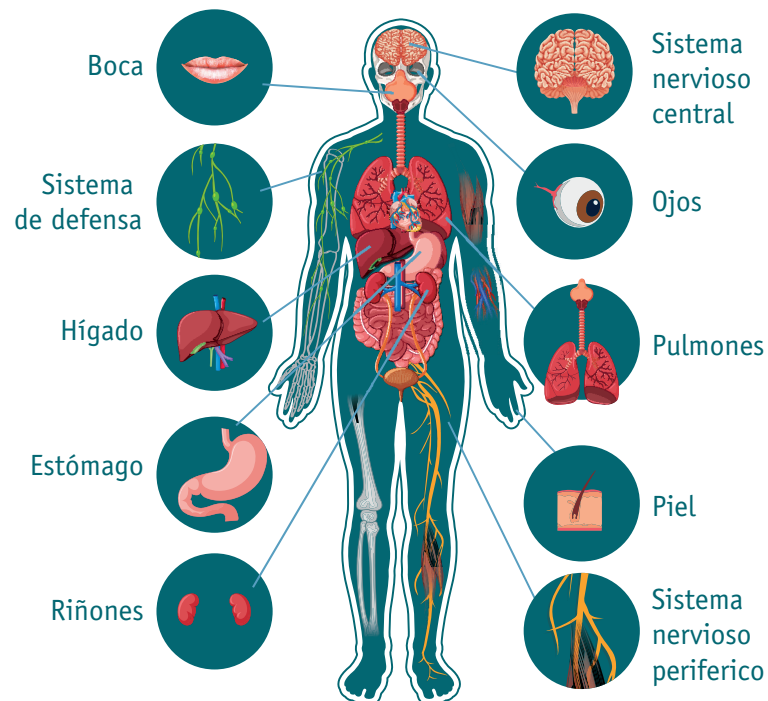


Figura 5. El mercurio y sus efectos en la salud. Fuente: Elaboración propia.

Otros efectos negativos del mercurio sobre la salud son los daños al sistema nervioso central, ataxia (falta de control muscular), parestesia (sensación o conjunto de sensaciones anormales de cosquilleo, calor o frío en la piel), pérdida de la capacidad auditiva, disminución de la visión, pérdida de sensación en las extremidades, pérdida de la conciencia, e incluso en casos graves la muerte (Gaona, 2004).

Las investigaciones sobre las afecciones causadas por el metilmercurio en adultos y niños evidencian que la población más susceptible frente a los impactos del mercurio son los niños (González-Estecha et al., 2014).

En los/as niños/as, los efectos son visibles en todo su cuerpo; sin embargo, a causa de la biotransformación, el mercurio se concentra en

una proporción más alta en el cerebro, por lo que los efectos más drásticos y adversos afectan este órgano (González-Estecha et al., 2014), incluso generando microcefalia, y déficits neurológicos y de comportamiento durante el desarrollo de la **primera infancia (0-6 años)** (Burger et al., 2005; National Research Council, 2000; Oken et al., 2005).

Proyecto Mercurio Alto Cauca

Metodología mixta y participativa

Nuestro proyecto buscó llenar un vacío en el conocimiento sobre el estado de la contaminación con mercurio en la cuenca alta del río Cauca desde la participación activa de las comunidades. Por esta razón, hemos trabajado colaborativamente con la comunidad, sus líderes y sus lideresas, desde la elaboración conjunta de la propuesta de investigación, hasta la recolección y el análisis de muestras de agua y peces, así como a través de las evaluaciones médicas realizadas y los procesos educativos avanzados (Figura 6 y 7).



Figura 6. Esquema de la metodología mixta y participativa para hacer la evaluación de la contaminación por mercurio y sus efectos en la salud humana. Fuente: Elaboración propia.

La metodología mixta participativa incluyó dos tipos de investigación:

(i) Investigación cualitativa, a través de la cual se definieron los objetivos y alcances del proyecto, se desarrollaron distintos talleres y un proceso de educación no-formal generando ambientes virtuales de aprendizaje y programas radiales. Además, los resultados obtenidos se socializaron y difundieron con la comunidad a través de varias jornadas de diálogo amplio con los pobladores.

(ii) Investigación cuantitativa, en la que se efectuaron diferentes jornadas de trabajo de campo para recolección de muestras de agua y peces a las que se les realizó un análisis en laboratorio para evaluar las cualidades físico-químicas, así como la presencia de mercurio. También se evaluó la salud humana a través de diferentes muestras de sangre, cabello y uñas, y una evaluación clínica y psicológica del estado de salud y desarrollo cognitivo de los habitantes de La Toma y Yolombó.

A continuación, la Tabla 1 detalla las características principales de los métodos utilizados.

Tabla 1. Métodos de investigación

Métodos cualitativos	Características principales
Poder de nivelación en el proyecto de investigación	Reuniones presenciales periódicas, comunicación constante por teléfono y mensajes de texto, participación directa en las actividades de investigación, talleres anuales para socializar los resultados de la investigación.
Cartografía social	2 talleres de cartografía social en 2017 y 2019.
Talleres comunitarios	2 talleres de género y 1 taller de minería.
Educación no formal	3 Ambientes Virtuales de Aprendizaje y 3 Programas Radiales disponibles para radios comunitarias y en la web: https://mercurioaltocauca.com/
Métodos cuantitativos	Características principales
Encuesta	160 encuestados (95% confianza y 7.5% error). La selección de las personas encuestadas se hizo con un criterio espacial, buscando abarcar todas las zonas y los barrios de las veredas de La Toma y Yolombó.
Evaluación del agua	18 sitios entre La Toma y Yolombó, más de 60 muestras de agua.
Evaluación de peces	4 jornadas de muestreo en el río Ovejas, 21 peces analizados.
Evaluación de la salud humana	150 habitantes sometidos a examen clínico y neuropsicológico (entre ellos, 21 niños).

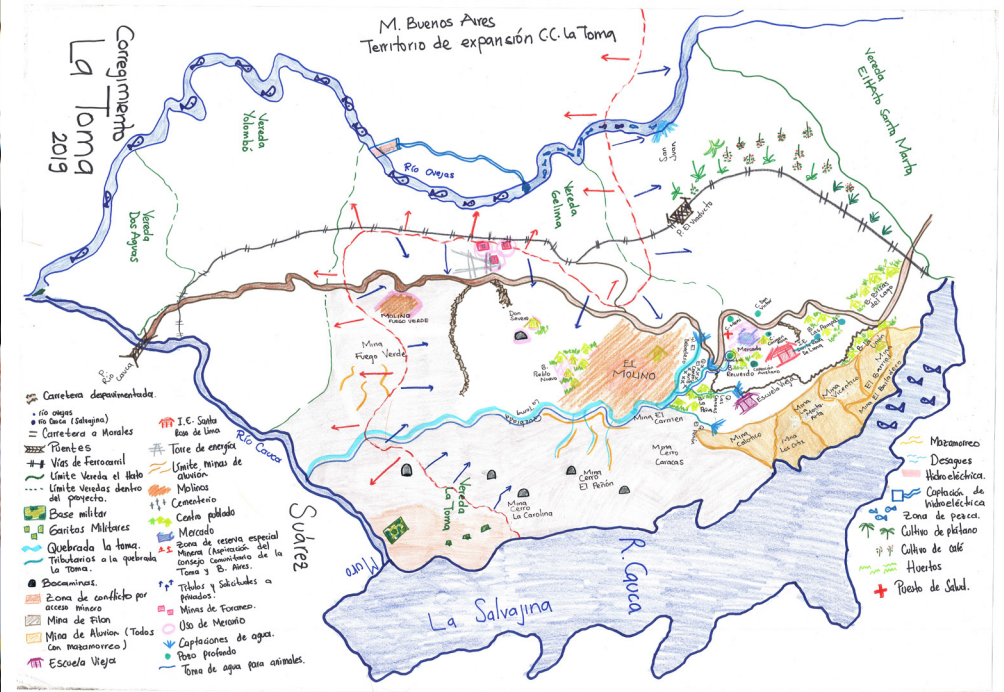


Figura 7. Equipo del proyecto y líderes comunitarios en el proceso de cartografía social. Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones para determinar el estado de contaminación por mercurio en La Toma y Yolombó

Para determinar el estado de la contaminación ambiental y de exposición humana al mercurio proveniente de la minería artesanal de oro, en conjunto con la comunidad y el equipo de investigadores se trabajaron cuatro dimensiones temáticas:



Figura 8. Dimensiones para estudiar la contaminación ambiental por mercurio y el estado de exposición humana. Fuente: Elaboración propia.



1. AGUA

El corregimiento de La Toma es un lugar amado por sus habitantes, ya que es el resultado de la lucha de sus ancestros/as. Ellos/as también les heredaron la minería como parte su cultura y un legado para su subsistencia. Pero en los últimos años, el uso del “azogue” ha traído problemas a la comunidad porque los desechos de la minería llegan a las fuentes de agua para consumo y al río Ovejas. Por es muy importante saber si el agua que consumen está contaminada y qué acciones se deben seguir para remediar o mitigar la situación

Estado de contaminación de las fuentes de agua para consumo humano

Los habitantes de La Toma y Yolombó consumen el agua directamente de las fuentes naturales, es decir, de nacimientos de agua, pozos y aljibes. Como no hay instalaciones para hacer **la potabilización del agua ni el saneamiento básico**, el agua puede contener contaminantes físicos, químicos y microbiológicos que afectan negativamente la salud de las personas que la consumen (Figura 9). Además, las actividades mineras que se realizan en la zona también generan contaminación sobre las fuentes de agua, ya que los desechos de la minería son vertidos directamente a los ríos y quebradas sin tratamiento previo.

Cuando hablamos de **saneamiento básico del agua**, nos referimos a las técnicas aplicadas para la eliminación de residuos sólidos, aguas residuales y excretas del agua. El saneamiento básico incluye la potabilización del agua, un sistema

de alcantarillado y el manejo de residuos sólidos. Cuando hablamos de **potabilización**, nos referimos al proceso de tratamiento del agua para que tenga las características óptimas para el consumo humano. En la potabilización se eliminan sustancias contaminantes, así como algas, arenas, bacterias o virus presentes en el agua que pueden representar un riesgo para la salud humana.

Teniendo en cuenta que en La Toma y Yolombó no hay sistemas de saneamiento y potabilización del agua, y que en los alrededores se hace minería con “azogue”, es importante evaluar el estado del agua que consume la comunidad ya que, si las fuentes de agua están contaminadas, los habitantes estarían expuestos a contaminantes que pueden afectar negativamente su salud.



Figura 9. El agua puede contener contaminantes químicos y biológicos (a), que pueden causar enfermedades a los seres humanos (b). Fuente: Elaboración propia.

Metodología para la evaluación del estado de las fuentes de agua

La evaluación de las fuentes de agua se realizó en dos tipos fuentes:

- **Agua para consumo:** son las fuentes de las cuales la población de la zona de estudio se abastece para su consumo y limpieza de hogares.
- **Agua superficial:** son las aguas que circulan sobre la superficie del suelo y que suelen ser empleadas para actividades diferentes al consumo (recreación, lavado, entre otras); las principales son el río Ovejas y Tres Quebradas.

En primer lugar, se realizó un **monitoreo participativo de las prácticas y espacios de consumo de agua** a través de una encuesta y de la cartografía social. Así, se establecieron los principales puntos de consumo de agua (pozos). En estos puntos de consumo se hizo una evaluación preliminar de los contenidos de

mercurio con un analizador de mercurio portable **EMP-3 marca NIC + Aqua kit**, el cual emplea la técnica de **espectroscopía de absorción atómica de vapor frío** siguiendo un método estándar de evaluación de agua de consumo **USEPA 245.1**.

Con la información construida con la comunidad y los resultados de la evaluación preliminar, se seleccionaron algunos puntos de consumo sobre los cuales se realizó la evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua. Para escoger los puntos de consumo para el estudio tuvimos en cuenta las siguientes características: **1)** los pozos y nacimientos de agua con mayor contenido de mercurio y bajos niveles de pH; **2)** los pozos y nacimientos de agua con mayor número de familias y personas abastecidas (Vélez-Torres et al., 2018), y **3)** los pozos y nacimientos de agua que fueran usados por una mayor cantidad de personas de alto riesgo, como niños y adultos mayores (Morgan, 2021). En los pozos escogidos, se tomaron muestras de agua que fueron llevadas al laboratorio para el análisis fisicoquímico de la calidad del agua (Figura 10).

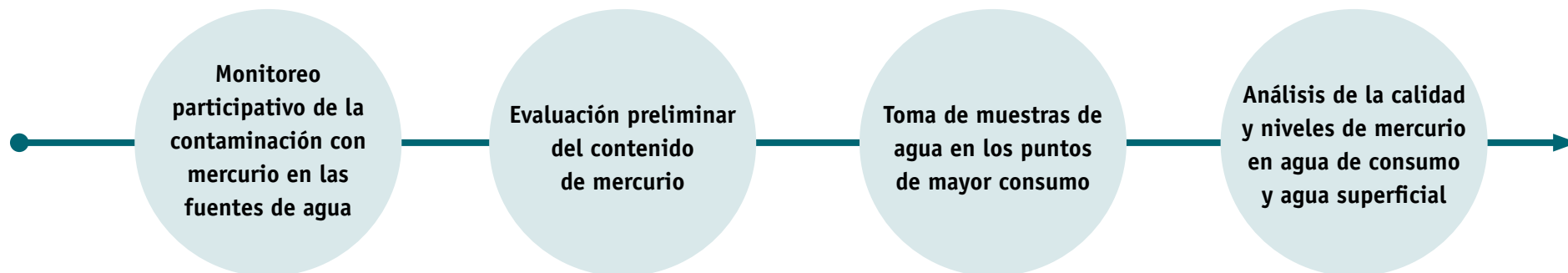


Figura 10. Metodología para la evaluación de la contaminación por mercurio en fuentes de agua para consumo y agua superficial en La Toma y Yolombó. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se realizó la evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua del río Ovejas (agua superficial). Las muestras de agua se tomaron en el área conocida como Tres Quebradas, donde confluyen distintas vertientes de agua que reciben los residuos de minas de oro del sector. Para saber si la descarga de las minas provocaba algún cambio sobre el agua, se tomaron las muestras de agua en un punto antes de la descarga y después de la descarga.

Aunque la comunidad no consume permanentemente el agua del río Ovejas, también se evaluaron sus características porque la presencia de mercurio en estas aguas puede ser una fuente de exposición dérmica directa, una fuente de ingesta ocasional cuando se realizan actividades culturales en el río, o una fuente de ingesta a través del consumo de peces de la pesca artesanal que la comunidad realiza en estas aguas. En la Tabla 2 se relacionan los parámetros medidos en el agua para consumo y en el agua superficial.

Tabla 2. Características fisicoquímicas y microbiológicas analizadas en el agua para consumo y agua superficial (del río Ovejas) en La Toma y Yolombó.

Parámetros medidos	Agua para consumo	Agua superficial
Características medidas en el sitio de muestreo	pH	pH
	Temperatura	Temperatura
	Oxígeno Disuelto	Oxígeno Disuelto
	Conductividad eléctrica	Conductividad eléctrica
	Potencial Redox	Potencial Redox
Características analizadas en el laboratorio	Alcalinidad Total	Potencial Redox
	Carbono Orgánico Total	Grasas y aceites
	Cianuro Total	Sólidos sedimentables
	Cloruros	DQO
	Color Real	Cianuro total
	Dureza Total	DBO ₅
	Fluoruros	Mercurio Total
	Ortofosfatos	Sólidos suspendidos totales
	Hierro Total	
	Manganeso Total	
	Mercurio Total	
	Nitratos	
	Nitritos	
	Sulfatos	
	Coliformes totales	
Coliformes fecales		
Turbiedad		

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua para consumo y de agua superficial, se realizó de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, APHA-AWWA-WEF, 23RD, Edición de 2017. Los análisis fueron realizados en tres laboratorios certificados por el IDEAM (Tabla 3).

Tabla 3. Laboratorios certificados por el IDEAM para analizar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo y agua superficial en el corregimiento La Toma.

Laboratorio	Certificación IDEAM
Análisis Ambiental S.A.S	Resolución 1904 de 21/08/2018
Laboratorio de Agua y Residuos Ambientales de la Universidad del Valle	Resolución 0489 de 26/02/2018
Chemical Laboratory S.A.S.	Resolución 0537 de 11/06/2021

Con los resultados de las características medidas en las fuentes de agua superficial, se calculó el índice **ICA DINIUS** (Fórmula 1).

El **ICA DINIUS** es un índice de calidad de agua que tiene en cuenta 12 características fisicoquímicas y microbiológicas que son consideradas importantes en 5 usos del agua: consumo humano, agricultura, pesca y vida acuática, industrial y recreación.

$$ICA_{DINIUS} = \prod_{i=1}^2 I_i W_i \quad (\text{Fórmula 1})$$

Los subíndices I_i y W_i toman un valor diferente para cada parámetro (Abbasi y Abbasi, 2012). Por ejemplo, para el Oxígeno disuelto (%), el valor de I_i será igual a $0.82(x) + 10.56$, siendo X el valor del oxígeno disuelto encontrado en el río Ovejas, y el valor de W_i es igual a 0.109.

Resultados sobre el estado de las fuentes de agua en La Toma y Yolombó

Las prácticas y espacios de consumo de agua

De acuerdo con la encuesta, el abastecimiento de agua en La Toma y Yolombó se realiza a través de varias prácticas complementarias: recolección de agua lluvia (69.4%), quebradas (39.4%), nacimientos (38.1%), y pozos (77.5%). En la mayoría de los casos (46%) no se realiza ningún tratamiento al agua, y los tratamientos que se llevan a cabo son hervir el agua (23%), sedimentación (16%) y aplicación de cloro

(15%) (Figura 11). Estos métodos de tratamiento son rudimentarios, en muchos casos insuficientes para mejorar la calidad del agua, e incluso pueden ser contraproducentes pues pueden formar subproductos de desinfección como los trihalometanos cuyo consumo a largo plazo resulta altamente tóxico (Hernández Sánchez, 2011).

A pesar de contar con fuentes de agua dulce abundantes, como son el río Ovejas y la represa La Salvajina, las fuentes disponibles están deterioradas o son inasequibles. Por tanto, no es posible afirmar que la comunidad cuente con agua suficiente, de calidad y segura para su consumo.

Según los datos obtenidos, **63.13%** de los encuestados consideran que el agua para consumo o preparación de alimentos en la vivienda es escasa o insuficiente; respecto a la calidad del agua, el **50%** considera que es regular. Aunque teóricamente la comunidad de La Toma y Yolombó podría tomar el agua de otras fuentes como la represa La Salvajina, la topografía de la región dificulta este acceso, a la vez que no ha habido un esfuerzo institucional consistente para facilitar infraestructuras que resuelvan esta barrera (Vélez-Torres, 2012).

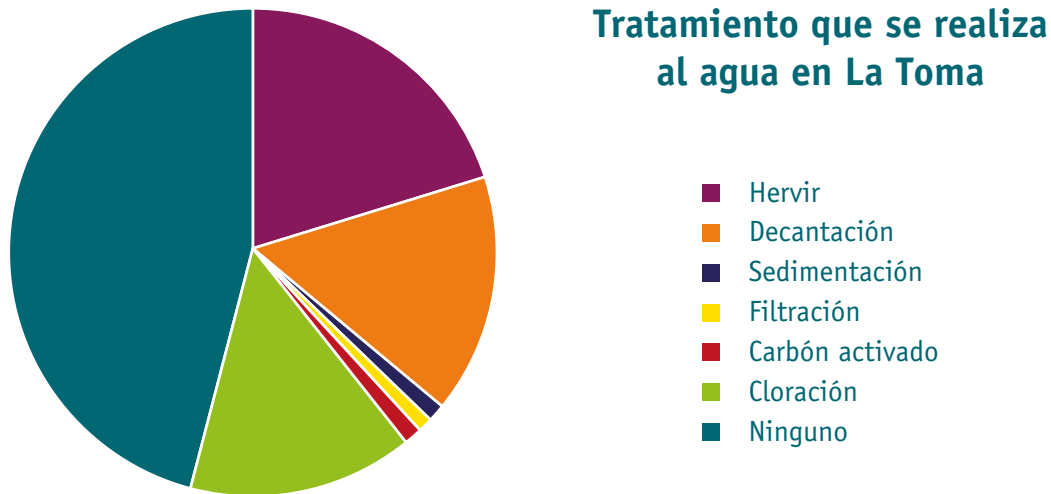


Figura 11. Prácticas complementarias para el abastecimiento de agua en La Toma y Yolombó. Fuente: Elaboración propia.

Estado de las fuentes de agua para consumo humano en Yolombó y La Toma

Evaluación de la contaminación por mercurio

A continuación, se muestran los resultados de la evaluación preliminar de los contenidos de mercurio en los puntos de consumo. Para analizar el estado de contaminación por mercurio, los resultados se compararon con los valores máximos de mercurio aceptados por la **Resolución 2115 de 2007**, además de *La Guía Para La Calidad De Agua Para Consumo (OMS, 2004)* y las *Regulaciones Nacionales Primarias de Agua Potable de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2009)*. En la Tabla 4 se muestran los valores de referencia para las características medidas en el agua para consumo.

Tabla 4. Valores de referencia según las normativas de agua para consumo humano. S.C: Sin Criterio

Parámetro	Unidad	Resolución 2115 de 2007	OMS 2004
pH	Und de pH	6-9	6.5-8.5
Temperatura	°C	S.C	S.C
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	S.C	S.C
Oxígeno Disuelto	%	S.C	S.C
Conductividad eléctrica	us/cm	<1000	S.C
Potencial Redox	mV	S.C	S.C
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	200	S.C
Carbono Orgánico Total	mg C/L	5	S.C
Cianuro Total	mg CN ⁻ /L	0.05	0.07
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	250	250
Coliformes Fecales	UFC/100cm ³	S.C	0
Coliformes Totales	UFC/100cm ³	0	0
Color Real	UPC	15	15
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	300	200
Fluoruros	mg F ⁻ /L	1	1.5
Ortofosfatos	mg P-PO ₄ ³⁻ /L	0.5	S.C
Hierro Total	mg Fe/L	0.3	0.3
Manganeso Total	mg Mn/L	0.1	0.4
Mercurio Total	mg Hg/L	0.001	0.006
Nitratos	mg N-NO ₃ ⁻ /L	10	50
Nitritos	mg N-NO ₂ ⁻ /L	0.1	3
Sólidos Totales	mg/L	S.C	S.C
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	250	250
Turbiedad	NTU	2	4



De acuerdo con la Resolución Colombiana 2115 de 2007 y a la norma de la OMS del 2004, el **contenido permisible de mercurio total para agua de consumo es de 1 ppb** (equivalente a 0.001 mg/L). Según los hallazgos de nuestro estudio, los puntos que sobrepasaron este límite fueron (ver línea roja en Figura 12):

- En **La Toma**, los puntos del **pozo del mercado y el de la I.E Santa Rosa de Lima**.
- En **Yolombó**, el punto del pozo de **Pablo Balanta**.

En La Toma, se presentaron niveles de mercurio iguales a **1 ppb** o muy cercanos a este valor en la **Institución Educativa Santa Rosa de Lima (IE)** y en el mercado **Carmen Rosa (MC)** (Figura 12). Esto quiere decir que los valores de mercurio están justo en el límite establecido como aceptable por la norma colombiana (ver línea roja en Figura 12). Aunque los demás puntos de consumo presentaron valores un poco menores a **1 ppb**, los resultados indican que hay presencia de mercurio en estos puntos de consumo de agua.

En Yolombó, el pozo de **Santa Rita (SR)** presentó niveles de mercurio de **1 ppb**, es decir que ese valor está justo en el límite establecido como aceptable por la norma colombiana. Los demás puntos de consumo se encuentran por debajo de este límite. Sin embargo, nuevamente revelan la presencia de mercurio en el agua que es consumida todos los días por los habitantes de esta zona.

Según lo anterior, los contenidos de mercurio en el agua están dentro de los valores permitidos por las regulaciones colombianas. Sin embargo, estos valores que no sobrepasan la norma, aún pueden generar un riesgo para la población que consume el agua dada la **frecuencia** con la que se consume el agua contaminada. Además, la presencia de mercurio habla de una persistencia de la circulación de mercurio en mercados ilegales, pese a las prohibiciones que se han regulado en Colombia cumpliendo con el Convenio de Minamata. (Figura 12)

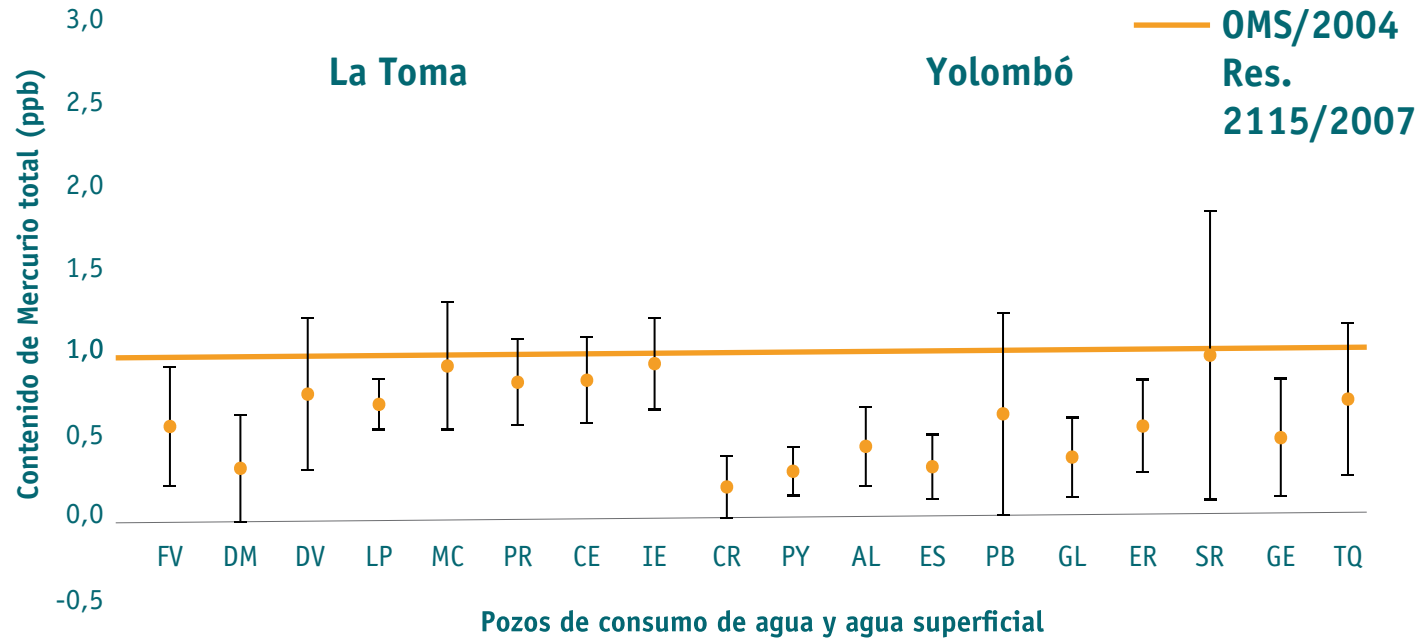


Figura 12. Puntos de consumo en los que se hizo una evaluación preliminar de los contenidos de mercurio con un analizador de mercurio portable EMP-3 marca NIC + Aqua kit. Los puntos representan los promedios de contenido de mercurio total en el agua (ppb) y sus respectivas desviaciones estándar. Las letras mayúsculas indican el nombre de cada punto donde se recolectó el agua. Los puntos de la izquierda son los pozos de agua de La Toma, FV: Fuego verde, DM: Doña Meni, DV: Don Víctor, LP: La peñita, MC: Mercado, PR: Primitiva, CE: Cementerio, IE: Institución educativa Santa Rosa de Lima. Los puntos a la derecha son los pozos de agua en Yolombó, CR: La cristalina, PY: Palo de yuca, AL: Alcides, ES: Escuela, PB: Pablo Balanta, GL: Gloria, ER: Erley. Los tres últimos puntos de la derecha corresponden al agua superficial en el río Ovejas, SR: Santa Rita, GE: Gelima, TQ: Tres quebradas. Fuente: Elaboración propia.

En talleres realizados con la comunidad, se habló de filtros para el agua como alternativa para minimizar el contenido de mercurio en el agua. Sin embargo, esta alternativa tiene más limitaciones que ventajas. Los filtros solo capturan y acumulan el contaminante, pero no lo desaparecen. Por esa razón, el filtro mismo puede convertirse en una fuente futura de contaminación si no se le da el manejo apropiado. De hecho, los filtros tienen una vida útil y siempre llegará el momento en que hay que desecharlos.

Sumado a lo anterior, en La Toma y Yolombó la mayoría de las familias queman sus residuos sólidos por falta de un servicio de manejo integral de los mismos. Quemar los filtros agravaría el problema porque liberaría el mercurio en el aire y la inhalación es una de las rutas de exposición más tóxicas al mercurio. Es por esto que los filtros son una solución momentánea y parcial, que en el mediano y largo plazo puede generar más problemas por los requerimientos de manejo y disposición final de los residuos contaminados. Otra alternativa consiste en consumir agua embotellada, pero esta solución no es sostenible si consideramos la situación económica de la comunidad pues no todos/as tienen el mismo nivel económico para adquirirla.

Evaluación de la contaminación física y microbiológica del agua

En total, fueron evaluados cuatro pozos de agua para consumo.

En La Toma, el pozo de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima y el pozo del Mercado.

En Yolombó, el pozo de Pablo Balanta y el pozo Erley (Figura 13).

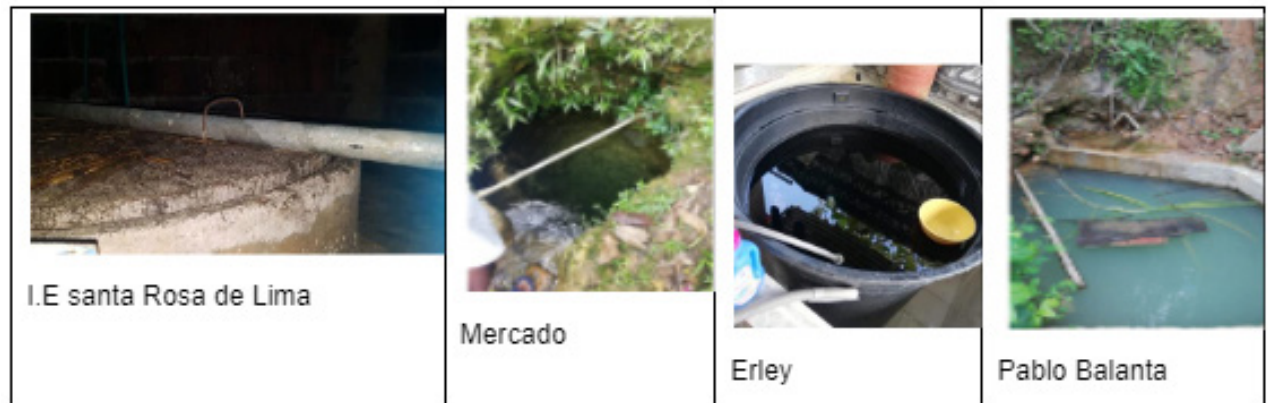


Figura 13. Pozos de agua para consumo en La Toma y en Yolombó. Estos pozos fueron escogidos por 1) presentar mayor contenido de mercurio y bajo pH; 2) que un mayor número de familias y personas se abastecen de ellos; y 3) que un mayor número de personas de alto riesgo como niños y adultos mayores hagan uso de estos pozos.

Fuente: Elaboración propia.

El 79% de los parámetros fisicoquímicos evaluados **en agua para consumo** (Tabla 2) se encontraron dentro de los límites permisibles de las normativas 2115 de 2007 y OMS del 2004. Los parámetros evaluados que en alguna de las mediciones no cumplieron con las normativas fueron pH, turbiedad, coliformes totales y coliformes fecales.

pH del agua

El pH es una medida de acidez o basicidad del agua, y se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La escala de pH es logarítmica, con valores de 0 a 14. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento de pH el agua se hace más básica, lo cual tiene efectos directos sobre la salud de las poblaciones.

Por ejemplo, un pH bajo (**menor de 6 unidades**) permite la formación de sustancias corrosivas que pueden ser perjudiciales, tanto para la salud como para los sistemas de distribución de agua. Además, en territorios donde se sabe que hay presencia de mercurio, cuando el pH es bajo ayuda a solubilizar y a movilizar el mercurio iónico presente en las fuentes de agua.

Al medir el pH en los pozos de agua, se encontró que en la mayoría el pH está por debajo del nivel aceptable por la norma colombiana (2115 de 2007) y por la norma de la OMS (2017) (Figura 14). La **Resolución 2115 de 2007 en Colombia**, establece que un agua con pH de 6 a 9 unidades es aceptable para el consumo humano. Nuestros resultados muestran que el **53 %** de las mediciones de pH en los pozos de agua para consumo estuvieron por debajo del rango de pH aceptable según esta Resolución. Adicionalmente, la norma de la **OMS (2017)** establece como aceptable para el consumo humano un agua con pH entre 6.5 y 8.5 unidades. Teniendo en cuenta esta norma de la **OMS (2017)**, el **93%** de las mediciones de pH en los pozos de agua para consumo estuvieron por debajo del valor permisible.

Los resultados pueden estar relacionados con el tipo de suelo que se encuentra en la zona, ya que presenta coloración amarilla-rojiza debido a la presencia de óxidos de hierro que generan de manera natural pH bajos en el suelo (IGAC, 2009), y al entrar en contacto con el agua que aflora, toma el carácter ácido (pH < 5.0 unidades).



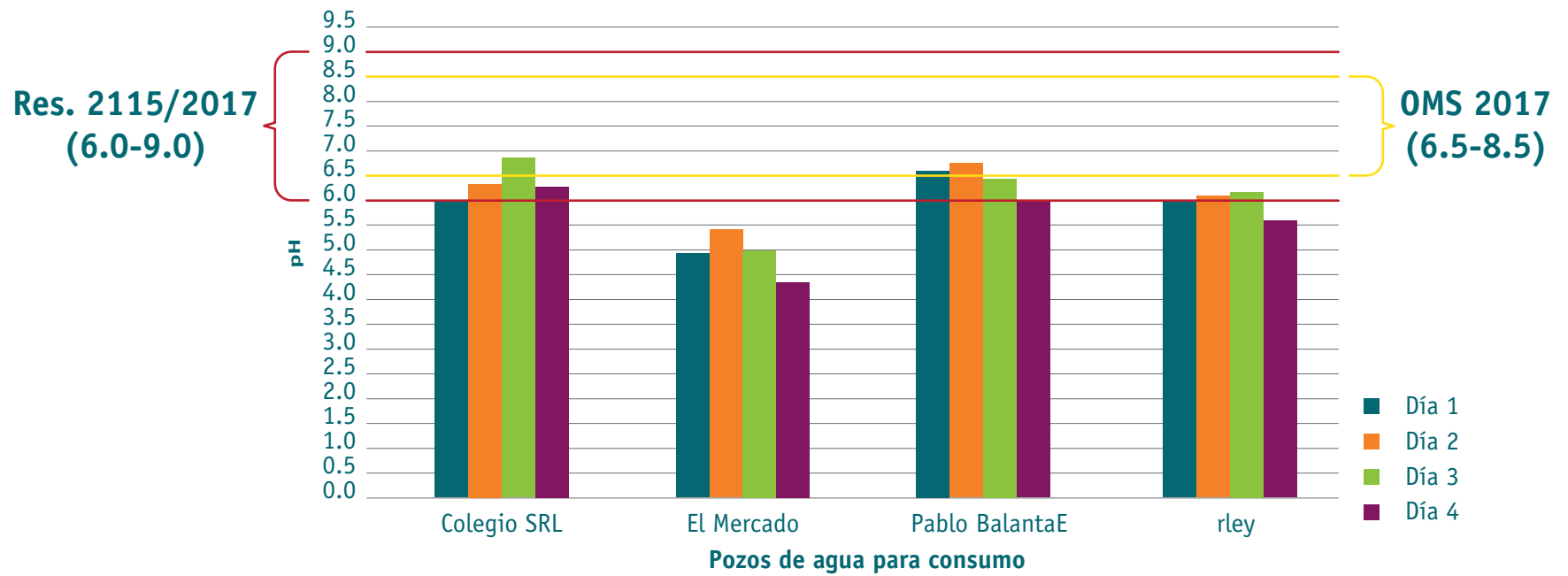
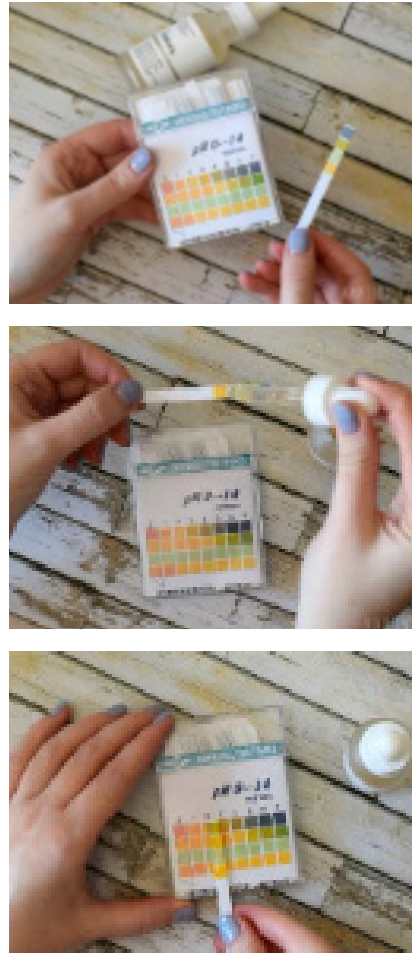


Figura 14. Niveles de pH encontrados en los pozos de agua para consumo. En los pozos del colegio Santa Rosa de Lima, Pablo Balanta y Erley, el pH estuvo por debajo de 6-9 que es el rango de pH recomendado por la Resolución Colombiana 2115 de 2007. La mayoría de los pozos estuvieron por debajo del pH recomendado como seguro (6.5-8.5) según la norma internacional de la OMS 2017. Fuente: Elaboración propia.

Una solución para corregir el pH en el agua consiste en un proceso de neutralización con un filtro de cal sencillo que ayudaría a contrarrestar la acidez del agua. Sin embargo, la limitante es que para usar esta tecnología se deben medir parámetros extras, como la dureza y alcalinidad, los cuales necesitan de un laboratorio tecnificado para su medición.

Otra alternativa es realizar un seguimiento al pH de las fuentes de agua que abastecen a la comunidad. Se sugiere hacer la medición del pH en la mañana y en la tarde (Figura 15); esta medición de pH puede hacerse con **tirillas indicadoras de pH**, las cuales pueden comprarse en tiendas de insumos químicos para piscinas o en ventas de peces ornamentales. Cuando el pH baje a menos de 6 unidades, es recomendable abstenerse de consumir el agua de ese pozo y buscar otra fuente de abastecimiento. Sin embargo, esta solución resulta difícil debido a la situación de desabastecimiento de agua en la zona.



1. Se saca una tirilla nueva de la caja y se observará que al lado y lado de la caja esta una serie de colores con los cuales se compara para saber el pH de la muestra.

2. Se vierte un poco de agua sobre la tirilla de tal manera que se humedezca la zona donde están los cuadros de colores.

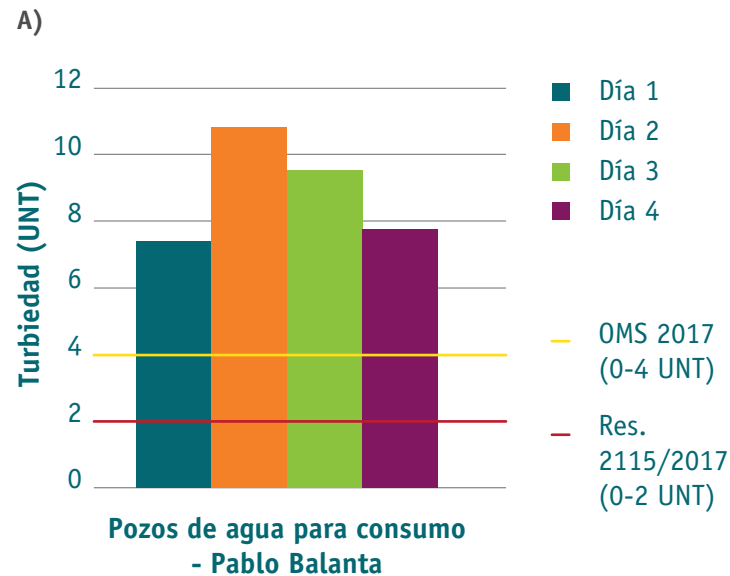
3. Posteriormente se compara con los colores de referencia que se encuentran en la caja y se determina el pH de la muestra

Figura 15. Correcta utilización de las tiras o tirillas indicadoras de pH para verificar el estado de acidez del agua.

Turbiedad

La turbiedad es la medida del grado de transparencia que pierde el agua por la presencia de partículas en suspensión. Cuanto mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, mayor será el grado de turbidez. Si el agua está turbia, es posible que esté contaminada y antes de consumirla hay que hacerle un tratamiento para que sea segura.

En cuanto al parámetro de **turbiedad**, solo el sitio de muestreo conocido como Pablo Balanta en Yolombó no cumplió con la normativa (Figura 16), la cual estuvo por encima de lo recomendado por la norma internacional de la **OMS** (0-4 NTU) y por encima de lo recomendado por la norma nacional **Resolución 2115 de 2007** (0-2 NTU).



B)



Figura 16. A) Resultados de la turbiedad en el pozo de Pablo Balanta durante las cuatro jornadas de muestreo realizadas. En todas las jornadas de muestreo la turbiedad del agua estuvo por encima de lo recomendado por la norma internacional de la **OMS** (0-4 NTU) y la **Resolución 2115 de 2007** (0-2 NTU). UNT significa unidad nefelométrica de turbidez. **B)** Foto del pozo Pablo Balanta donde se observa suelo descubierto que aporta sólidos al agua y estos sólidos no son detenidos por la cubierta de material sintético. Fuente: Elaboración propia.

La turbiedad en el pozo de Pablo Balanta se podría solucionar con las siguientes estrategias:

1. Cambiar la cobertura de protección que se tiene para el agua por un material más resistente, como son plásticos gruesos impermeables y durables.
2. Evitar la siembra de árboles o arbustos cerca del pozo, y reubicar los árboles que se encuentren a una distancia menor a 3 metros del borde del pozo.
3. Cubrir el suelo con hierbas pequeñas para evitar erosión.

Contaminación microbiológica: Coliformes totales y Coliformes fecales

Los **coliformes totales** son un grupo de bacterias de importancia como indicadores de contaminación del agua y los alimentos (Resolución 2115 de 2007). Los **coliformes fecales** forman parte de las coliformes totales y agrupan principalmente a las enterobacterias **Escherichia Coli**, **Enterobacter** y **klebsiella**, las cuales viven en el intestino y otros órganos del ser humano y de otras especies animales,

y por lo tanto se encuentran exclusivamente en el excremento de animales y humanos.

Aunque las enterobacterias viven en nuestros intestinos, cuando son consumidas a través de los alimentos o con el agua, provocan problemas intestinales como diarreas y deshidratación. La diarrea y la deshidratación son muy peligrosas, sobre todo para los/as niños/as pequeños porque las evacuaciones diarreicas hacen que se pierda mucha agua del cuerpo, así como se pierdan cantidades de sales importantes, electrolitos y otros nutrientes.

Con las muestras de agua, pudimos darnos cuenta que **todos los pozos de agua para consumo** tienen coliformes totales y fecales (Figura 17). De acuerdo con la normatividad colombiana **Resolución 2115/2007**, la presencia de estos coliformes en agua para consumo humano **debe ser cero (0)**. Por consiguiente, en ninguno de los pozos analizados el agua cumplió con este reglamento. La presencia de coliformes totales y fecales fue mayor en el pozo de la **Institución Educativa Santa Rosa de Lima** y el pozo de **Pablo Balanta** (Figura 17).

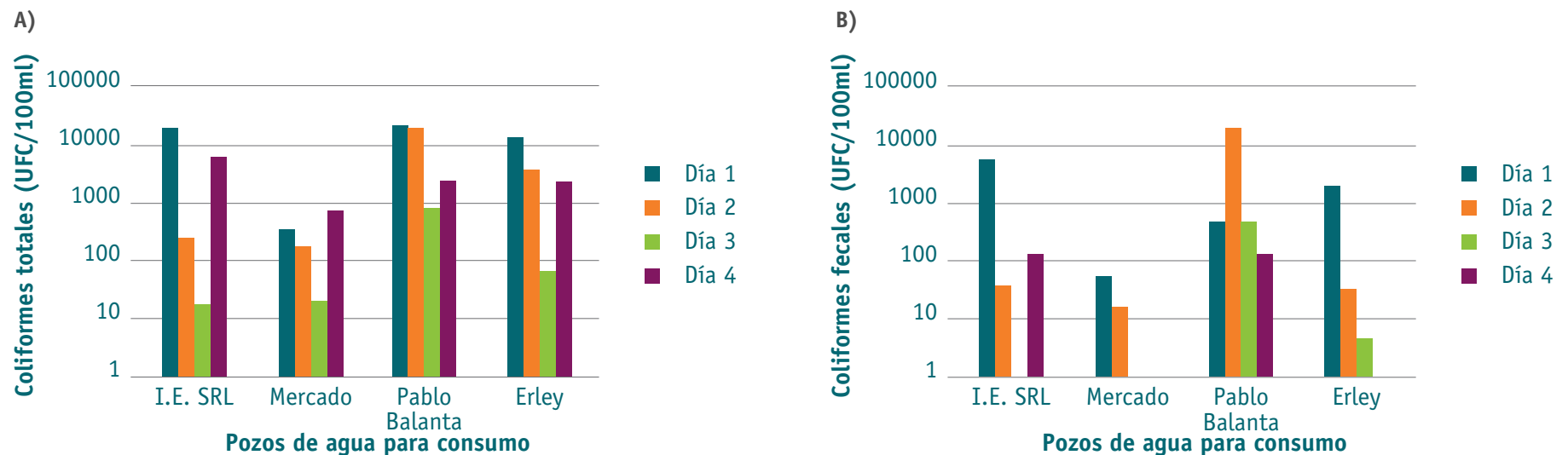


Figura 17. Contenido de **A)** coliformes totales (UFC/100ml); y **B)** coliformes fecales (UFC/100ml) en los pozos de agua para consumo humano. En ninguno de los pozos analizados se cumplió con el reglamento de un valor cero (0) de coliformes totales y coliformes fecales. UFC/100ml quiere decir Unidades Formadoras de Colonias en 100ml de agua. Fuente: Elaboración propia.

La presencia de **coliformes totales y coliformes fecales** se considera como **contaminación de tipo microbiológico**. Este tipo de contaminación se encontró en los pozos de La Toma y Yolombó porque **no hay alcantarillado** para la disposición final del agua residual generada en las viviendas. La evaluación hecha con esta investigación y la información reportada por el gobierno local confirman que nadie tiene servicio de alcantarillado en la zona (Plan de Desarrollo de Suárez 2020-2023).

En general, el drenaje de las **aguas residuales** de las viviendas se realiza **a campo abierto** y se va **escurriendo por las lomas** (escorrentía) y **llega a los pozos de agua** para consumo humano.

La contaminación microbiológica también se da porque una parte de la población realiza defecación al aire libre (9% según la encuesta), y estos desechos son lavados con el agua lluvia y, por escurrimiento y percolación, llegan a los pozos de agua y los contaminan.

La falta de saneamiento básico, que incluye agua potable, alcantarillado y manejo de basuras, hace a la población aún más vulnerable en el contexto de

uso de mercurio en la extracción de oro. Esto sucede porque el agua con material orgánico y presencia de microorganismos, además de causar enfermedades gastrointestinales, también es un ambiente favorable para que el mercurio inorgánico se transforme en mercurio orgánico a través del proceso de metilación; en consecuencia, transformando el mercurio del entorno en su forma más tóxica.

Mientras se gestiona el sistema de alcantarillado en la zona, una alternativa a corto plazo puede ser el uso de cloro por un fontanero para desinfectar el agua. Sin embargo, recordemos que el agua de los pozos tiene alta turbiedad, es decir que tiene mucha tierra lo cual inhibe la desinfección ya que apantallan las bacterias (Figura 16). En este caso, usar cloro en agua con mucha materia orgánica es riesgoso porque el cloro libre puede formar subproductos de desinfección, como los **trihalometanos** cuyo consumo a largo plazo resulta altamente tóxico (Hernández Sánchez, 2011).

Para remediar la contaminación microbiológica, otra alternativa de mayor duración son los tanques sépticos (Figura 18), que son un tratamiento primario de

aguas domésticas donde se realiza la transformación físico-química de la materia orgánica presente en el agua residual.

Cuando ha pasado un tiempo, los tanques sépticos se llenan y pueden ser un problema si su contenido se filtra por las laderas y llega a las fuentes de agua para consumo. Por ese motivo, es importante que se realice un mantenimiento continuo y adecuado a los tanques sépticos.

El **mantenimiento de los tanques sépticos** se puede hacer siguiendo indicaciones técnicas que incluyen remoción de natas, purga de lodos y adecuada disposición del material extraído (CORANTIOQUIA, 2009). Se sugiere realizar un inventario de los tanques sépticos ya construidos en el área, programar su mantenimiento urgente y monitorear su mantenimiento periódico cada seis meses. Es recomendable en este proceso recibir asistencia técnica y económica de la Alcaldía Local para asegurar resultados efectivos en esta labor.

Estado del agua en el río Ovejas

Las condiciones fisicoquímicas del río Ovejas presentan buenas características al contar con un nivel de oxígeno disuelto promedio de 7.04 mg/LO₂, una temperatura media 22.6°C y un pH en el agua cercano a 7.6 unidades. Esto quiere decir que el agua tiene una buena oxigenación y los niveles de pH están dentro del rango normal para fuentes naturales (6.5 a 8.5) (García et al., 2019). En la Tabla 5 se muestran los resultados de las características medidas

Tabla 5. Valores obtenidos al analizar la calidad del agua en el río Ovejas (agua superficial). Se calculo el valor promedio de todos los valores obtenidos en la jornada de muestreo (ds significa desviacion estandar). * rango

Característica medida	Promedio ± ds	Valor mínimo	Valor máximo
Temperatura (°C)	22.6 ± 0.8	21.3	23.6
pH (Und pH)	*4.22 - 6.71	7.0	8.6
Potencial Redox (ORP)	202.77 ±49.1	168.6	312.4
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	7.04 ± 0.3	6.6	7.4
Conductividad E (µS/cm)	64.7 ± 8.9	44.9	70.1
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	29.91 ±4.5	26.8	36.5
Coliformes Totales (UFC/100cm ³)	25131.5 ± 29980.4	1515.0	65700.0
Coliformes Fecales (UFC/100cm ³)	793.25 ± 754.1	23.0	1700.0
Sólidos Disueltos (mg/L)	80.12 ± 25.3	64.0	117.5
Sólidos Totales (mg/L)	123.5 ± 52.6	74.0	197.0
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	21.6 ± 19.9	4.7	45.9
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	<2.50	<2.50	<2.50
DQO (mg O ₂ /L)	10.476 ± 5.6	6.8	13.2

Índice ICA DINIUS para evaluar la calidad del agua

Las características medidas en las fuentes naturales de agua (Tabla 2) fueron usadas para calcular el índice ICA DINIUS.

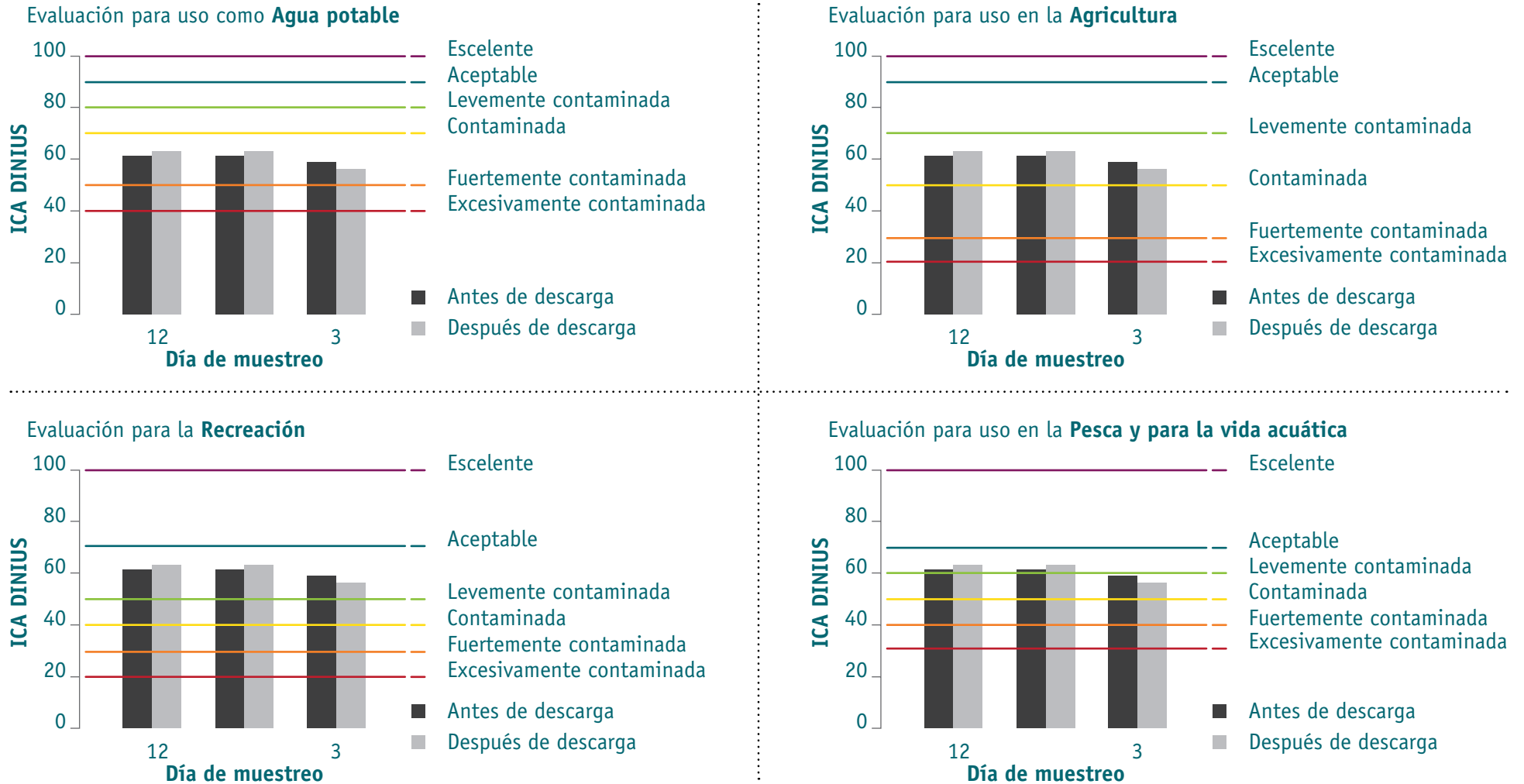


Figura 19. Resultados del índice ICA DINIUS para evaluar si el agua del río Ovejas podría usarse como agua potable, agua para recreación, agua para la agricultura, y agua para la pesca y la vida acuática. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 19 muestra los valores de ICA DINIUS del agua del río Ovejas, antes y después del vertimiento minero. Respecto a su uso como agua potable, el agua del río Ovejas está clasificada como “contaminada” y es necesario hacer un tratamiento potabilizador para poder consumirla. Respecto a su uso en la agricultura, se clasifica como “levemente contaminada”, lo cual indica que pueda ser usada en cultivos que no sean hortalizas. Respecto a su uso en recreación, la clasificación del agua es “aceptable”, pero se debe restringir los deportes de inmersión prolongada por el riesgo de ingerir el agua por accidente. Además, es importante tener precaución de evitar la ingesta del agua ya que no es potable. Finalmente, para su uso en la pesca y para la vida acuática, el agua está clasificada como “levemente contaminada”. Esto quiere decir que las condiciones del agua no son ideales para los peces que viven en el río Ovejas y, además, el consumo de esos peces no es recomendable.

Como vimos anteriormente, los parámetros evaluados para calidad de agua para consumo no cumplen con la normativa nacional (Resolución 2115 de 2007) ni internacional OMS (2017), es decir que no cumplen con las recomendaciones para que un agua sea segura para consumo humano. Esta situación es parte de una crisis sanitaria de las regiones rurales donde no hay la infraestructura para el saneamiento básico y la potabilización del agua.

En territorios donde se realiza minería con mercurio o “azogue”, la falta del servicio de agua potable es grave pues la combinación de exposición a mercurio y microorganismos patógenos puede causar impactos serios de salud, sobre todo en poblaciones vulnerables como bebés, adultos mayores, mujeres embarazadas y personas que tengan enfermedades de base.



2. PECES

La pesca es una actividad que heredamos de generación en generación. Con la pesca nos recreamos y llevamos comida a nuestros hogares y vecinos. Ahora, con la contaminación con azogue, no sabemos si podemos comer pescado ni cuál es el riesgo al que nos exponemos.

Desechos de la minería en el río Ovejas y el consumo de peces por los habitantes

El río Ovejas es querido y defendido por la comunidad de La Toma y Yolombó. De este río, los moradores toman el agua para las labores de agricultura y, además, es un lugar donde van a recrearse y pescar artesanalmente.

Cuando el mercurio o “azogue” va a parar en el agua del río por procesos de escorrentía, allí es transformado en **metilmercurio** por acción de las bacterias que viven en el agua.

El **metilmercurio** pasa a las plantas acuáticas, a los peces que consumen esas plantas y, finalmente, a los humanos que consuman esos peces (ver Figura 4.). Dado que el mercurio puede llegar al río y luego a los peces que allí habitan, éstos pueden servir como bioindicadores de contaminación. De esta manera, al examinar los peces del río Ovejas, podremos establecer si la comunidad local se está

exponiendo al mercurio cuando consume el pescado del río (Machado et al., 2010).

Metodología para conocer las prácticas de pesca y el estado de contaminación de los peces del río Ovejas

Bajo un enfoque mixto participativo, hicimos una encuesta a la comunidad y una serie de entrevistas a los/ pescadores/as para conocer el arte de pesca y caracterizar el consumo de peces. Después, recolectamos peces del río Ovejas con ayuda de pescadores expertos de Yolombó, y estos pescados fueron enviados a un laboratorio especializado para examinar su contenido de mercurio. Finalmente, con el contenido de mercurio en los peces y ciertas características de los habitantes, calculamos el riesgo al que están expuestos los habitantes de La Toma y Yolombó al comer pescado del río Ovejas (Figura 20).





Figura 20. Metodología para la caracterización de las prácticas de pesca. Fuente: Elaboración propia.

Para conocer el estado de contaminación de los peces del río Ovejas, el contenido de mercurio se comparó con las normas nacionales e internacionales que fijan los límites de contenido de mercurio en alimentos. Estas normas fijan los límites en los cuales consumir un alimento es seguro para el ser humano. En Colombia, la **Norma Técnica Colombiana 1443 (NTC 1443)** establece que el límite máximo de mercurio en el pescado para consumo humano es de **0.5 mgHg/Kg**.

Determinación del grado de contaminación con mercurio (Hg) en peces del río Ovejas

Los peces del río Ovejas se recolectaron con ayuda de pescadores expertos de la comunidad y se enviaron al Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental, en la Universidad de Córdoba (Colombia), para determinar el contenido de mercurio presente en dichos peces.

El contenido de mercurio y metilmercurio fueron analizados en el laboratorio de **toxicología y gestión**



La técnica usada para la determinación de mercurio total y metilmercurio fue la **espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío**, por su mayor grado de especificidad y selectividad.

El lugar de recolección de los peces se escogió con la comunidad, por medio del método de **Cartografía Social** (ver Figura 7). En este proceso, la comunidad identificó el río Ovejas como principal lugar de pesca, y allí escogió un sector de mayor preferencia para la pesca (Figura 21).

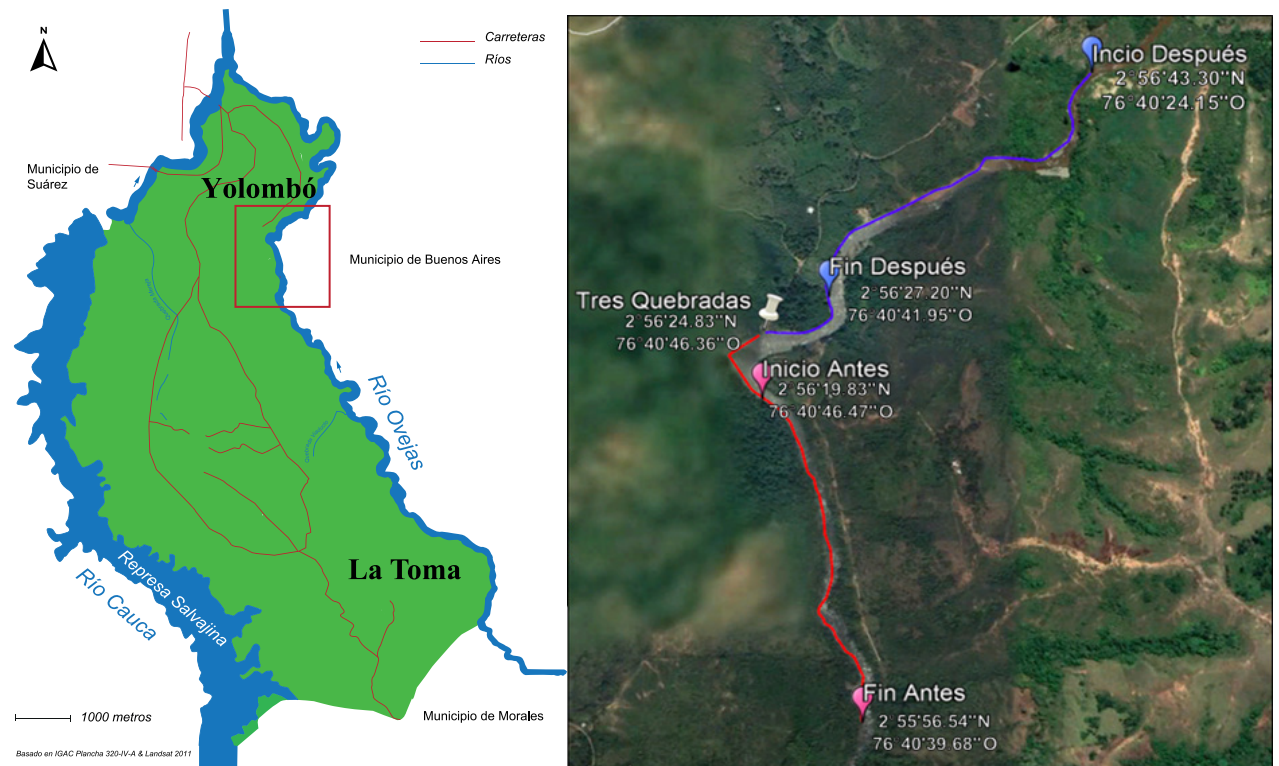


Figura 21. A la izquierda, el recuadro rojo señala el río Ovejas. El otro mapa muestra que los peces se recolectaron antes (línea morada) y después (línea roja) del punto de Tres Quebradas. Este punto integra tres quebradas que reciben los residuos de minas de oro del sector. Fuente: Elaboración propia.

Resultados y recomendaciones acerca del consumo de peces del río Ovejas

El consumo de peces por los habitantes de La Toma y Yolombó

Los resultados de la encuesta muestran que los pescados más consumidos por los comunero/as de La Toma y Yolombó son el **Bocachico** (*Prochilodus magdalenae*), **Jetudo** (*Ichthyoelephas longirostris*), **Bagre pintado** (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), **Tilapia** (*Oreochromis spp*) y **Barbudo** (*Pimelodus crypticus*). Contando todas las veces que una persona consume pescado en el año, entre éstos, los pescados más consumidos en el año son el **Barbudo** (90 veces en el año) y el **Jetudo** (85 veces/año) (Figura 22).

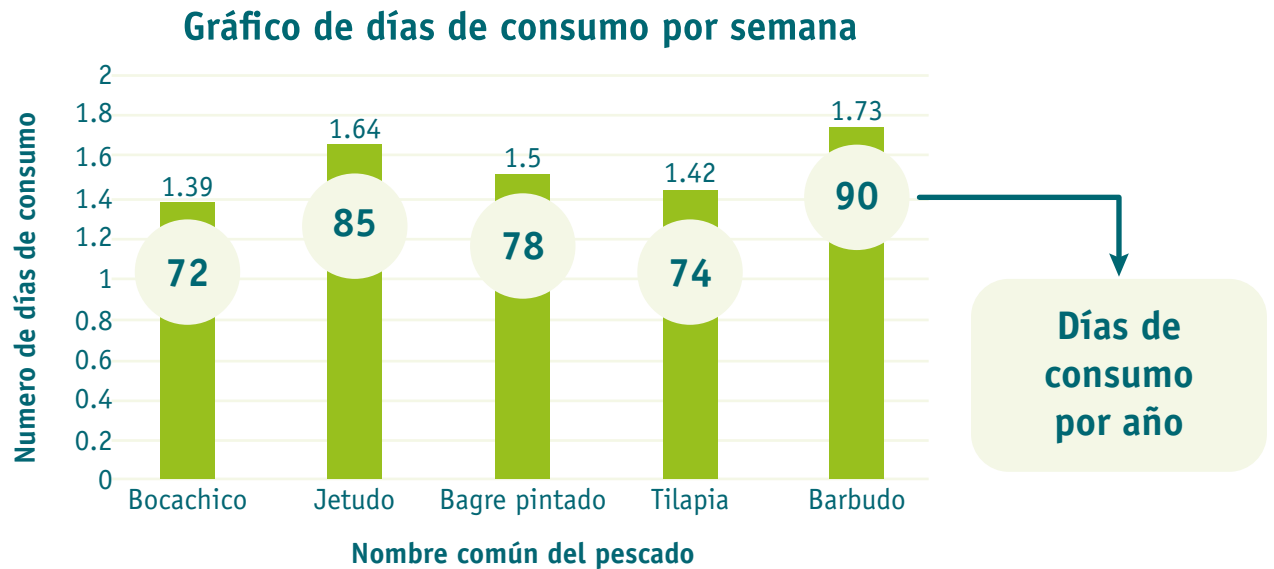


Figura 22. Pescados más consumidos por la comunidad. Las barras representan el número de días a la semana en la que es consumido y los círculos muestran el cálculo del número de días al año que es consumido cada pescado.

Fuente: Elaboración propia



Las prácticas de pesca de los habitantes de La Toma y Yolombó

El 18% de la población encuestada se identificó como pescadores/as, y están ubicados principalmente en Yolombó (38%) y la cabecera del corregimiento, cerca de la escuela La Toma (34%). La mitad de los/as pescadoras prefieren pescar cuando el estado del tiempo es soleado (55.2%). La edad promedio de las pescadoras es de 44 años y de los pescadores 39 años. Entre quienes se identificaron como pescadores, el 42% son mujeres y el 58% son hombres (Figura 23).

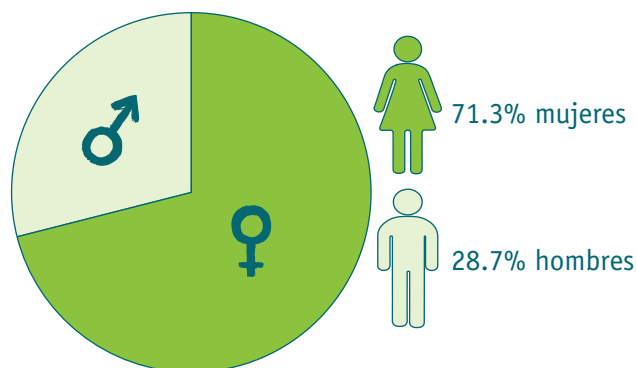


Figura 23. Distribución por género entre los pescadores.
Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de los pescadores consume con su familia y vecinos el pescado que captura. El 89.6% de los/as pescadores consume el pescado que captura. El 31% de los/as pescadores regala el pescado a sus vecinos. El 31% de los/as pescadores lo regala a sus familiares. El 13.7% de los pescadores venden el pescado en el mercado local de La Toma y 13.7% lo vende en el mercado de Suárez (Figura 24).

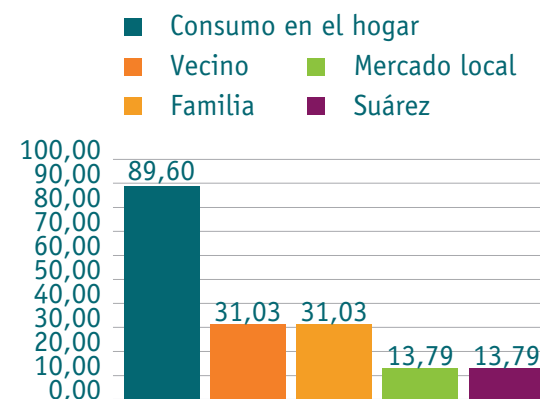


Figura 24. Disposición del pescado capturado.
Fuente: Elaboración propia.

Todos/as los/as pescadores realizan otras actividades económicas complementarias a la pesca. La actividad económica principal de las pescadoras es la minería (33%) y de los pescadores son la minería y la agricultura (35%) (Figura 25). De las actividades adicionales a la pesca, la artesanía y las labores en el hogar (ama de casa) son exclusivas el caso de las mujeres, y la mecánica y guardia civil son actividades exclusivas de los hombres.

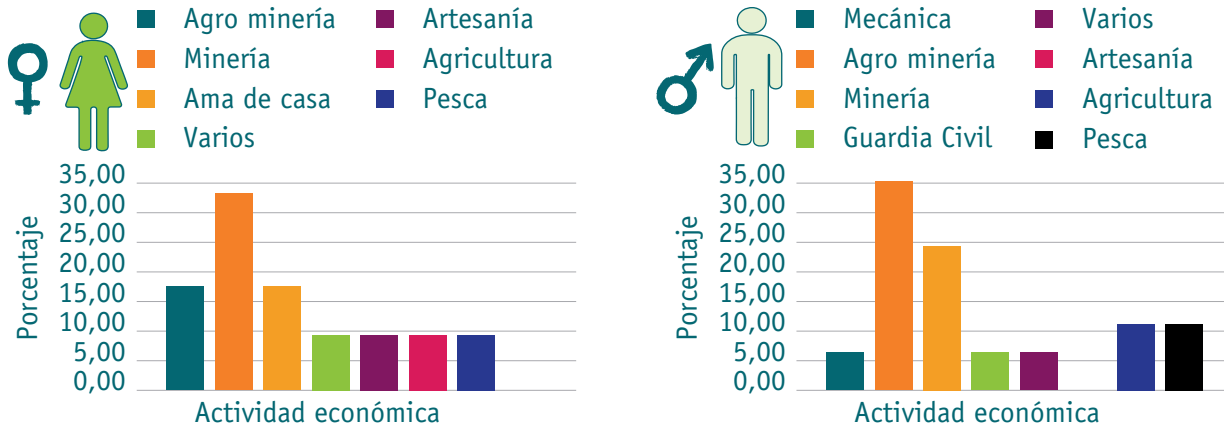


Figura 25. Actividades económicas de los/as pescadores/as.

Fuente: Elaboración propia.

Para la mayoría de los pescadores/as, el padre fue quien les enseñó a pescar (34.4%). Los tíos y los abuelos también participaron en esta enseñanza (con un 17.24% y 10.34%, respectivamente). No encontramos ningún pescador/a a quien su madre le haya enseñado a pescar, pero hay un caso especial en el cual la esposa fue la encargada de enseñar el arte de la pesca (Figura 26).

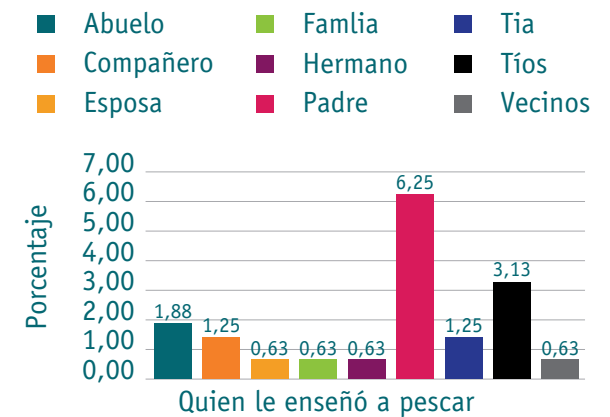


Figura 26. Forma de enseñanza de pesca.

Fuente: Elaboración propia.

Estado de contaminación de los peces del río Ovejas

En septiembre de 2020, se realizaron los muestreos de peces que más adelante serían analizados para averiguar si estaban contaminados con mercurio. Entre los peces capturados, encontramos el **Bocachico** (*Prochilodus magdalenae*), el **Jetudo** (*Ichthyoelephas longirostris*) y el **Barbudo** (*Pimelodus crypticus*) (Tabla 6 y Figura 27).

Tabla 6. Especies de peces recolectados en el río Ovejas y enviados al laboratorio de toxicología y gestión ambiental de la Universidad de Córdoba (Colombia).

Nombre común	Tipo de alimentación	Género	Especie	Familia
Bocachico	Detritívoro-herbívoros	<i>Prochilodus</i>	<i>P. magdalenae</i>	<i>Prochilodontidae</i>
Jetudo	Herbívoros-detritívoro	<i>Ichthyoelephas</i>	<i>I. longirostris</i>	
Barbudo	Omnívoro-carnívoro	<i>Pimelodus</i>	<i>P. crypticus</i>	<i>Pimelodidae</i>

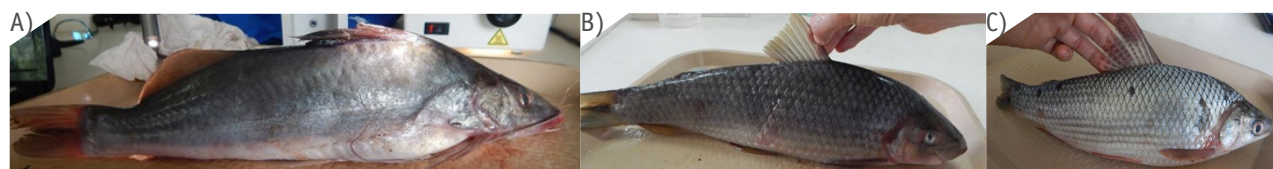


Figura 27. Peces recolectados en el río Ovejas. A) **Barbudo** (*Pimelodus crypticus*) B) **Jetudo** (*Ichthyoelephas longirostris*); C) **Bocachico** (*Prochilodus magdalenae*). Fuente: Elaboración propia.

Todos los peces capturados en el río Ovejas contenían algún nivel de mercurio en sus tejidos.

El mayor contenido de mercurio se encontró en el **Barbudo**, con un valor promedio de **0.46 mgMeHg/Kg (Figura 28)**. Este contenido de mercurio lo sitúa muy cerca del límite permisible de mercurio en alimentos

según la NTC 1443 (**0.5 mgHg/Kg**). Este elevado contenido de mercurio se debe a la bioacumulación, pues el Barbudo es un pescado carnívoro (Ver Tabla 6), es decir que consume otros peces que a su vez viven en el río Ovejas y han consumido mercurio en el agua o en las plantas (ver figura 4 de las rutas de exposición y bioacumulación del mercurio).

La siguiente especie de pescado con mayor contenido de mercurio fue el **Bocachico**, con un valor promedio de **0.18 mg MeHg/Kg**, que, aunque no sobrepasa el límite permisible fijado por la **NTC 1443**, es uno de los pescados que más consume la población. Por esta razón, si una persona lo consume diariamente, estaría acumulando ese mercurio en su cuerpo.

Finalmente, la especie de menor contenido de mercurio fue el **Jetudo**, con un valor promedio de **0.14 mgMeHg/Kg** (Figura 28). Al igual que el Bocachico, el contenido de mercurio del Jetudo no sobrepasa el límite establecido por la norma colombiana.

Contenido de mercurio en los peces del río Ovejas

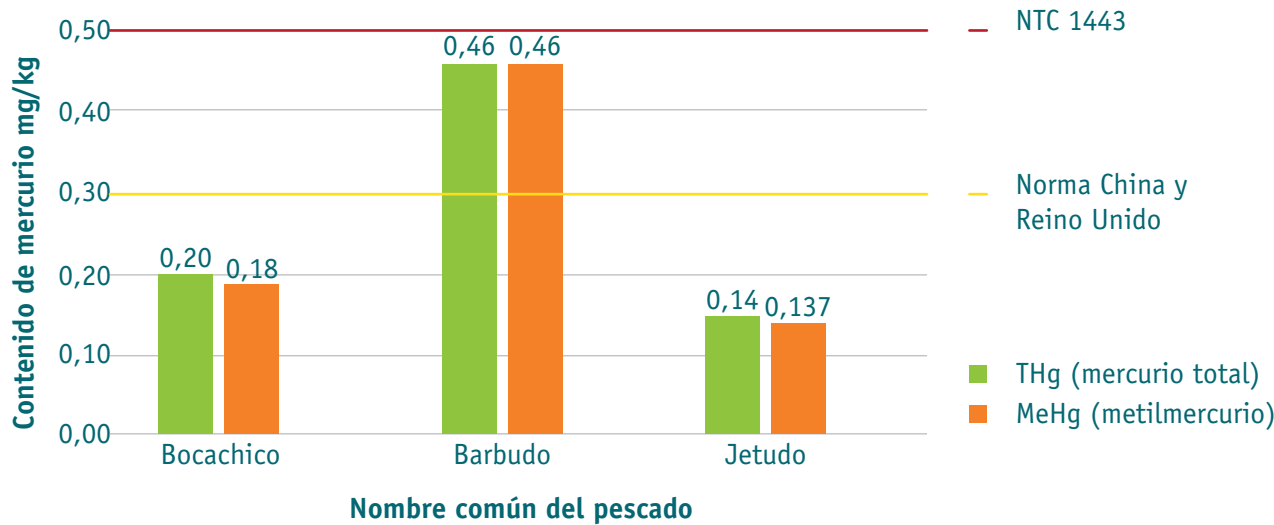


Figura 28. Contenido de mercurio en los peces del río Ovejas. Las barras verdes indican el contenido de mercurio total (THg) y las barras naranjas indican el contenido de metilmercurio (MeHg). El pescado con mayor contenido de mercurio fue el Barbudo (0.46mg/MeHg), seguido por el Bocachico (0.18 mg/MeHg) y el de menor contenido de mercurio el Jetudo (0.14 mg/MeHg). Los valores de THg y MeHg representan el promedio por especie. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 28 muestra que todos los peces tienen un contenido de mercurio menor que el estipulado según la norma colombiana NTC 1443. Sin embargo, estos resultados no son suficientes para comprender el impacto de la contaminación y posibles efectos en la salud. La limitación analítica más importante se refiere a que el límite sugerido en la norma NTC 1445 se refiere a un único consumo, incidental. En cambio, cuando la frecuencia de consumo es

mayor, es necesario utilizar métodos de análisis más sofisticados y robustos que permitan definir el riesgo a la salud del consumidor.

Por otro lado, si tomamos en cuenta lo estipulado por normas internacionales como las de China o Reino Unido, gobiernos para los cuales el límite máximo permisible es de 0.3 mg Hg/kg, los contenidos de mercurio encontrados en los peces del río Ovejas es-

tán por encima del nivel máximo. También, superaran el límite máximo fijado en Japón, con un límite permisible de 0.4 ppm Hg/kg.

El análisis realizado también nos permitió definir la proporción de mercurio total y de metilmercurio en los peces (Figura 29). Para el Bocachico, en el que se encontró 0.20 mgHg/Kg de mercurio total, el 90 % (0.18 mgMeHg/Kg) corresponde a metilmercurio, por lo que es el compuesto predominante y el restante 10 % corresponde a otras variantes del mercurio. Para el Jetudo, en el que se encontró 0.14 mgHg/Kg, el 97% corresponde a metilmercurio y el restante 3% corresponde a otras variantes del mercurio. Finalmente, para el Barbudo, en el que se encontró el mayor contenido de mercurio de 0.46 mgHg/Kg, el 99% de mercurio fue metilmercurio y el 1% restante corresponde a otras variantes del mercurio.

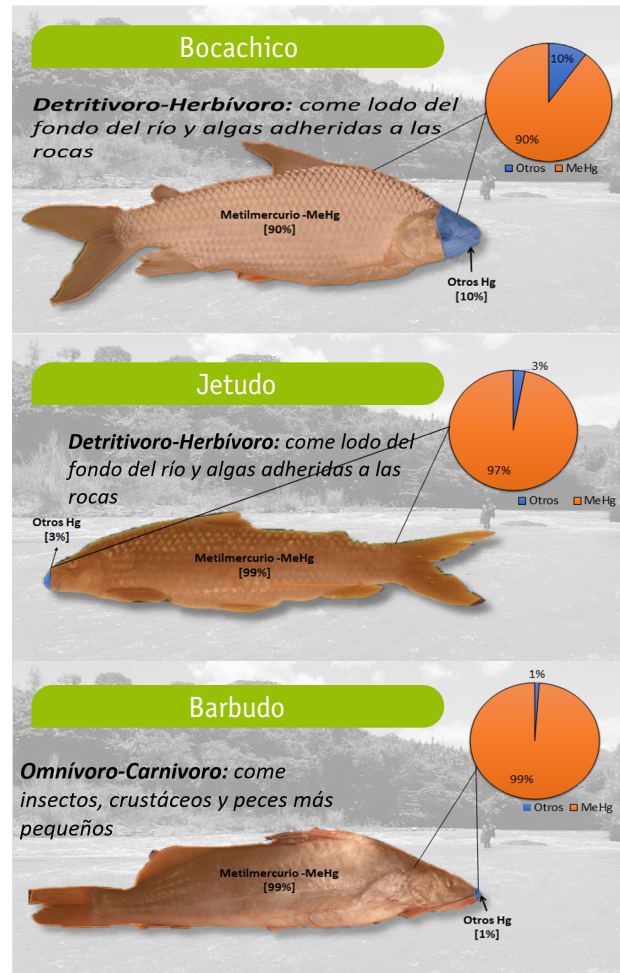


Figura 29. Contenido de mercurio total (THg) y de metilmercurio (MeHg) en los peces recolectados en el río Ovejas. Los tres peces presentan un contenido de metilmercurio correspondiente al 90% del mercurio total. Fuente: Elaboración propia.

Para el metilmercurio no existe una normatividad en Colombia que lo regule. Sin embargo, internacionalmente existen dos entidades que se han encargado de investigar sobre las concentraciones nocivas de metilmercurio para el ser humano: la Environmental Protection Agency (EPA) y la Food and Drug Administration (FDA), de los Estados Unidos de Norte América. Recordemos que el metilmercurio es la forma más tóxica en la que se puede encontrar el mercurio en la naturaleza ya que es absorbida más fácilmente por los peces y al acumularse en su cuerpo también llega a las personas que lo consumen.

Según los resultados encontrados, es preocupante que en todos los peces capturados se encontró mercurio y en las tres especies de pescados más consumidos por la comunidad, la fracción del mercurio correspondiente al metilmercurio sea mayor al 90% (Figura 29). Esto quiere decir que casi todo el mercurio encontrado en los peces corresponde a su forma más tóxica, asimilable y acumulable por los seres vivos: el metilmercurio.

La pesca es parte de la cultura tradicional Afrodescendiente y el pescado es de los alimentos que más consumimos en La Toma. Pero si los pescados están contaminados con mercurio, entonces ¿qué debemos hacer?



¿Cuál es el riesgo al que está expuesta una persona si consume peces contaminados a lo largo de todo el año?

Para analizar el riesgo al que puede estar expuesta la comunidad de La Toma y Yolombó por consumir peces contaminados con mercurio, se desarrollaron dos modelos a partir de las metodologías de análisis del riesgo propuestas por el Ministerio de Salud Canadiense (Health Canada, 2004) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2019). Estas metodologías reúnen datos relacionados con las características de las personas y su consumo de alimentos potencialmente contaminados.

El **primer paso** para averiguar el riesgo por consumir los pescados contaminados con mercurio fue calcular la cantidad de mercurio que entraría al cuerpo de la persona si consume pescado (fórmula 2). Lo hicimos mediante la ecuación propuesta por el Ministerio de Salud Canadiense (Health Canada, 2004):

$$Dosis\ de\ ingesta = \frac{C_{\text{pescado}} \times TI \times FA \times DA}{PC \times 365}$$

(Fórmula 2)

Donde:

C pescado es la concentración de metilmercurio en el músculo del pescado (mg/Kg)

TI es la tasa de ingestión del pescado (g/d)

FA es el factor de absorción gastrointestinal

DA es el número de días al año en los cuales se consume el pescado.

PC es el peso corporal de la persona (Kg).

La fórmula de dosis de ingesta se calculó para varios grupos de edad, ya que el peso corporal y el consumo de pescado varían según la edad. En la tabla 7 se presentan los valores utilizados.

Tabla 7. Grupos de edades definidos para calcular la cantidad de mercurio que entraría al cuerpo de una persona si consume pescado (tasa de ingesta).

Grupo poblacional	Edad (años)	Peso corporal C (Kg)	Tasa de Ingesta (g/d)	Días de consumo (d/año)
Gateador	7 meses a 4 años	4.22 – 28.18	31.25 – 125	6.5 – 365
Niños	5 a 11 años	13.48 – 79.93	31.25 – 160	6.5 – 365
Adolescentes	12 a 19 años	23.27 – 73.93	125 – 250	6.5 – 365
Mujeres en edad reproductiva (MER)	12 a 49 años	13.69 – 119.64	125 – 250	6.5 – 365
Adultos	Mayores de 20 años	42.63 – 120.38	125 – 250	6.5 – 365

El **segundo paso** para evaluar el riesgo fue calcular el **cociente de peligro (CP)**, que muestra la relación entre el consumo de pescado contaminado (**dosis de ingesta**) y el máximo nivel de mercurio permitido para una persona (**ingesta tolerable**). Con el nivel de ingesta tolerable, se espera que no haya efectos negativos en la salud de la persona que consumió el pescado (Fórmula 3) (EPA, 2019).

Ingesta diaria tolerable es una estimación de la cantidad de mercurio que se puede ingerir sin representar un riesgo para la salud. El Ministerio de Salud Canadiense (Health Canadá, 2007) asigna valores diferentes de ingesta diaria tolerable para cada grupo de edad porque unos grupos son más vulnerables que otros (Tabla 8).

$$CP = \frac{Dosis\ de\ ingesta}{Ingesta\ diaria\ tolerable} \quad (\text{Fórmula 3})$$

Donde:

Dosis de ingesta se obtiene desde la fórmula 2

Tabla 8. Valores de ingesta diaria tolerable donde el contenido de mercurio consumido no representa riesgo para la persona.

Grupo de edad	Valor de ingesta diaria
Niños menores de 11 años y mujeres en edad reproductiva	0.0002 mg/Kg PC/día
Demás grupos de edad	0.00047 mg/Kg PC/día

El **tercer paso** fue comparar los resultados del **cociente de peligro** con el límite establecido por el gobierno canadiense, donde el contenido de mercurio no representa riesgo para la salud de la persona (Health Canada 2010a, 2010b). El valor del cociente de peligro establecido por el gobierno canadiense es 0.2. Cuando las puntuaciones del **cociente de peligro** superan este límite, pueden darse efectos negativos para la salud de las personas que consumen el alimento contaminado.

El riesgo se calcula a partir de datos como el contenido de mercurio en los peces, la edad de la persona que consume, el tiempo de exposición, el peso corporal, la cantidad de pescado consumido por ración, la frecuencia de consumo y el tiempo promedio de consumo. Por estas diferencias, hay un riesgo distinto para cada grupo de edad.

La Figura 30 muestra el riesgo al consumir cualquiera de las especies de pescado encontradas en el río Ovejas. Cada rectángulo representa los resultados asociados a un pescado: el amarillo para el Bocachico, el azul para el Jetudo y el verde para el Barbudo. Los cuadros de color dentro de cada rectángulo muestran el riesgo para cada grupo de edad: adolescentes (12-19 años), adultos (mayores de 20), mujeres en estado reproductivo (MER) (12-47 años), niños (5-11 años) y gateadores (7 meses a 4 años). La línea punteada roja indica un cociente de peligro de 0.2, que es el

límite donde el contenido de mercurio, no representa riesgo para la salud de la persona.

Los gateadores, los niños y las mujeres en edad reproductiva están por encima de la línea roja (cociente de peligro de 0.2). Esto quiere decir que al consumir cualquiera de los peces analizados del río Ovejas, los gateadores, los niños y las mujeres en edad reproductiva están expuestos a un alto riesgo por consumir el mercurio acumulado en los pescados.

En el caso del pescado Barbudo (rectángulo verde), el cual contiene más mercurio que los demás pescados, todos los cuadrados están por encima de la línea roja. Esto indica que su contenido de mercurio se encuentra por encima del límite permisible y, en consecuencia, todos los grupos de edad, incluyendo a los adultos y adolescentes, estarían en riesgo al consumir Barbudo.

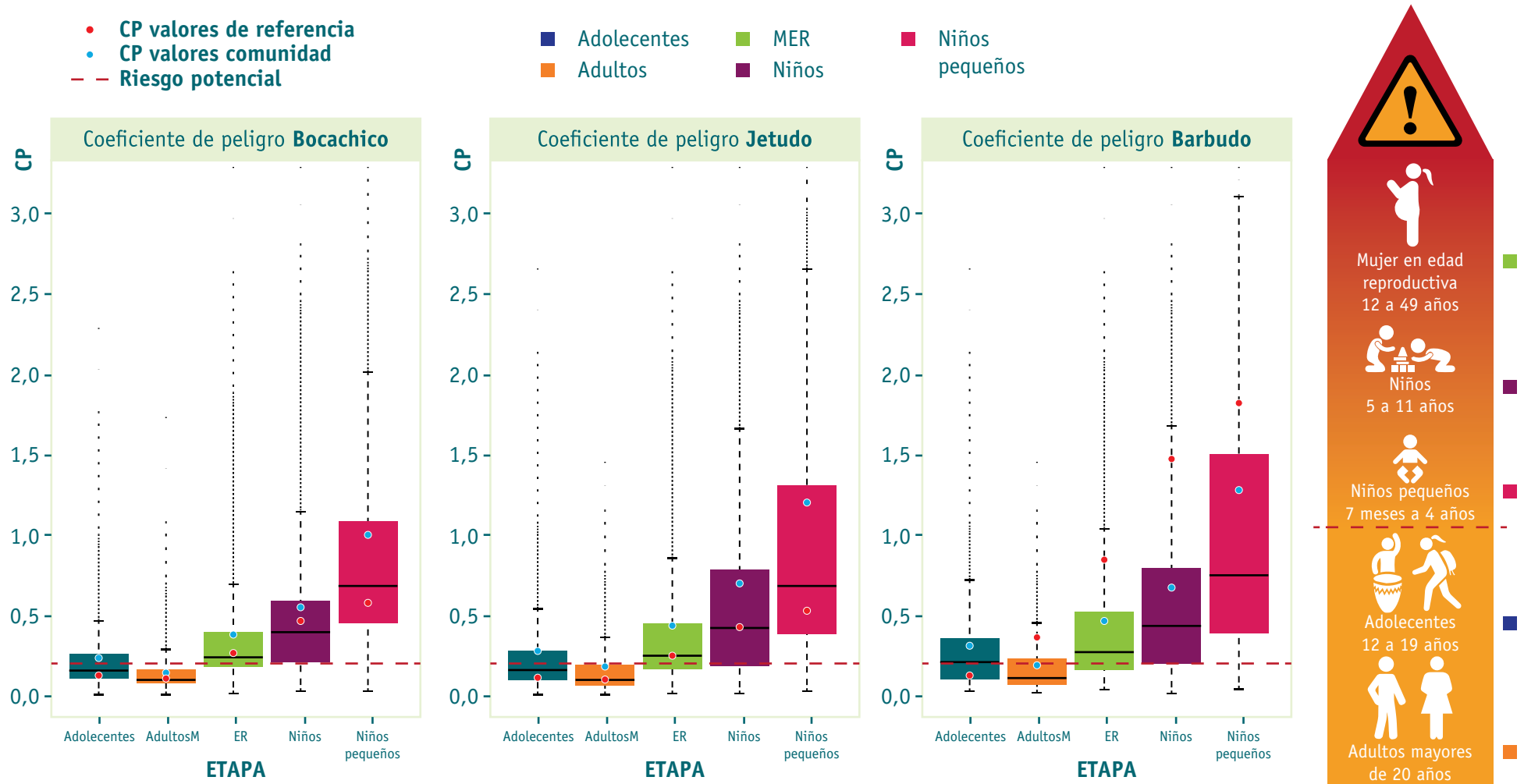


Figura 30. Riesgo asociado al consumo de pescado contaminado con mercurio. De izquierda a derecha, el cuadrado interno color azul representa los adolescentes; naranja: adultos; verde: Mujeres en Estado Reproductivo; violeta: Niños; y rosado: gateadores o niños pequeños. La línea punteada roja indica un cociente de peligro (CP) de 0.2. Los puntos rojos indican el CP calculado a partir de la tabla de características del receptor del Health Canada (2004). Los puntos azules indican el CP calculado a partir de los datos tomados en la comunidad. Fuente: Elaboración propia.

Aunque la concentración de mercurio no estuvo por encima del límite recomendado por la **NTC 1443**, puede ocurrir que dentro de un organismo el mercurio tenga una mayor absorción. Esto significa que distintas condiciones del sistema digestivo de las personas conllevan que la bioaccesibilidad del

mercurio varíe del 2% al 100% para el metilmercurio, y del 0,2% al 94% para el mercurio iónico (Bradley et al., 2017). Es por esto que debemos considerar que hay condiciones especiales, como las pre-existencias y co-ocurrencias, que pueden afectar a ciertas personas y llevar a que, por la bioaccesibilidad, el mercurio las afecte más gravemente.

Recordemos que el mercurio presente en el pescado es un contaminante tóxico para los humanos, independientemente de su estado químico (iónico, orgánico o inorgánico). De acuerdo con los resultados de riesgo, es recomendable hacer un consumo de los pescados con menor contenido de mercurio, y evitar o regular la frecuencia en el consumo de las especies que resultaron más contaminadas (Figura 31).

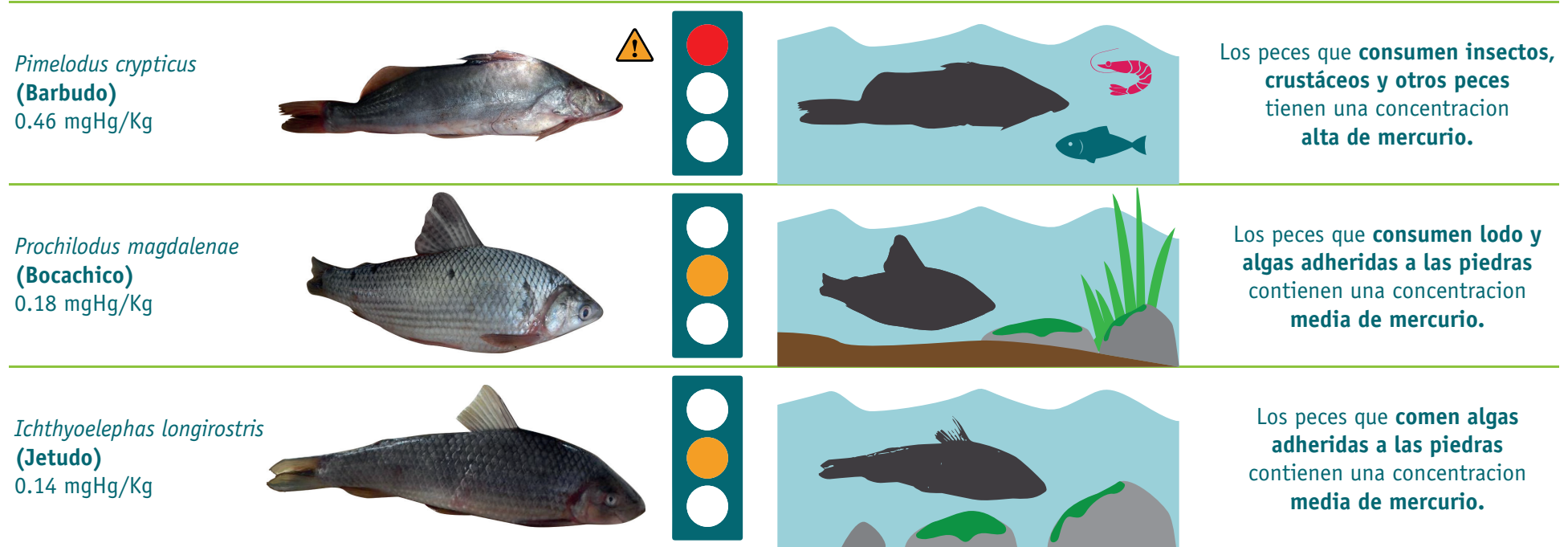


Figura 31. Semáforo de consumo de pescado teniendo en cuenta el contenido de mercurio en los peces recolectados en el río Ovejas y sus hábitos alimenticios. Según la norma NTC 1443 el contenido de mercurio en pescados para consumo humano debe ser menor de 0.5 mgHg/Kg. El barbudo tiene un contenido alto de mercurio (92% del límite permisible), el Bocachico tiene un contenido medio de mercurio (36% del mercurio permitido) y el Jetudo también tiene un contenido medio de mercurio (24% del mercurio como seguro). Fuente: Elaboración propia.

Como vimos en las Figuras 30 y 31, el riesgo más alto por consumo de los peces del río Ovejas lo tienen las mujeres en edad reproductiva, mujeres embarazadas o durante la lactancia, los gateadores y los/as niños. Por su alto contenido de mercurio, se recomienda no consumir Barbudo en el estado de contaminación en que se presenta actualmente. Respecto a los pescados que tienen menor contenido de mercurio (Bocachico y Jetudo), se recomienda moderar su consumo y, en lo posible, no consumirlos en conjunto con algún otro tipo de pescado durante la semana (EPA, 2004).

También, es importante reforzar una dieta saludable, que incluya diariamente al menos 2 porciones de fruta (naranjas, manzanas, fresas) y 2 porciones de

verdura. En la medida de lo posible, incluir en la dieta alimentos lácteos (yogurt), soya, té verde y té negro. Una mejor alimentación siempre ayuda a que nuestro cuerpo esté bien nutrido y tenga buenas defensas, lo cual es importante para combatir enfermedades que se desencadenan a causa de la contaminación. Es así que, además de evitar el uso de mercurio en el territorio, alimentarse bien también dará fortaleza para evitar daños más graves a la salud.

Sin embargo, es necesario recordar que consumir pescado no es la única ruta de exposición al mercurio en el territorio. Entonces, restringir el consumo de pescado es una solución parcial e incompleta. La contaminación con mercurio en el territorio es un

problema complejo que no se resuelve con soluciones simples, y por ello es compromiso de todos y todas seguir pensando en cómo resolver el origen del problema: ¿cómo sacamos el mercurio de la minería y del territorio?



3. SALUD

Nos contaron que el agua y los peces han sido contaminados con mercurio ¿Cómo afecta ese mercurio la salud de la comunidad?

¿Cómo puede el mercurio perjudicar la salud humana?

El mercurio puede producir daños permanentes en la salud. Los daños más comunes ocurren en el cerebro y en los riñones. El sistema nervioso es muy sensible al mercurio, especialmente al metilmercurio, y sus efectos dependen de la edad. Los síntomas de intoxicación por mercurio son muy variados y pueden ir desde temblores en manos y piernas, alteraciones en la visión, sordera y problemas de coordinación muscular, hasta cambios en la personalidad (nerviosismo, irritabilidad) o dificultades en la memoria (Gaona. 2004). Si una mujer en embarazo o durante la lactancia se expone al mercurio, éste puede pasar al feto en formación o al bebé a través de la leche materna (Debes et al., 2016). El mercurio también puede afectar negativamente la reproducción en mujeres que en su dieta consumen mucho pescado contaminado con altas concentraciones de este metal (Trasande et al., 2005). Algunos estudios realizados con animales indican que la exposición al

mercurio puede producir abortos o muertes antes del nacimiento (Jova-Rodríguez 2018).

El metilmercurio es más perjudicial para los/a niños/as, en especial porque puede interferir con el desarrollo del cerebro. En ocasiones, los efectos son muy leves o no se notan, y sólo pueden comprobarse por medio de exámenes especiales para detectar problemas en la concentración y en la capacidad intelectual. El mercurio, cuando llega al cerebro, puede afectar la capacidad para aprender, pensar o resolver problemas. Sus efectos negativos son más drásticos en el cerebro porque allí se acumula en una proporción más alta de la sangre (10:1) (González-Estecha et al., 2014). Una vez el mercurio se ha distribuido en el cerebro, pasa de su forma orgánica (metilmercurio) a las formas inorgánicas, haciendo que el tiempo de permanencia en el cuerpo aumente en términos de años (Pedersen et al., 1999).



En otras ocasiones, los efectos en los niños pueden ser más graves, presentándose retardo mental, problemas de coordinación en sus movimientos o incapacidad para moverse (Tirado et al., 2000). En algunos casos, el/la niño/a puede parecer normal y los efectos se manifiestan a largo plazo con retrasos en el desarrollo o en la edad de empezar a caminar (Gustin et al., 2017).

También, se han descrito otros efectos que tiene el mercurio en el cuerpo, por ejemplo, en los riñones, el estómago y el intestino, y se ha encontrado que su presencia puede aumentar la presión sanguínea y aún afectar los latidos del corazón. En cuanto al cáncer, aún no se ha confirmado que el mercurio sea una de sus causas y en la actualidad se investiga su relación con esta enfermedad. Sin embargo, algunos estudios han descrito la asociación con la ocurrencia de adenomas renales, adenocarcinomas y otros tipos de carcinomas; en general, se ha confirmado que el mercurio es capaz de producir daño cromosómico y nuclear (Ott et al., 2006).

Según MinSalud (2018), un caso de intoxicación por mercurio se da cuando una persona residente en el área con antecedentes de exposición a mercurio o de una alta frecuencia de consumo de pescado del área de estudio, que presente uno o más síntomas evaluados tales como: temblor, sabor metálico, alteraciones de la memoria, alteraciones del ánimo como depresión, así como insomnio, salivación excesiva, cefalea, asociados a la presencia de niveles de laboratorio mayores a los permisibles en una de las muestras biológicas tomadas ($> 7 \mu\text{g/L}$ en orina, ó $>5 \mu\text{g/L}$ en sangre total, ó $> 1 \mu\text{g/g}$ de cabello).

¿Cómo estudiamos el mercurio y sus efectos en la salud?

Teniendo en cuenta que en La Toma y Yolombó se hace minería con mercurio, realizamos estudios para identificar cuál es el nivel de contaminación por mercurio en la población y detectar posibles efectos en la salud. En primer lugar, mediante encuestas averiguamos qué tan expuesta está la gente del territorio

al mercurio y preguntamos sobre el tipo de minería que realiza, sus hábitos alimenticios y la forma de conseguir el agua y alimentos (Figura 32).

En segundo lugar, para detectar si existe mercurio acumulado en el cuerpo de las personas, durante 2021 tomamos muestras de cabello y de sangre, tanto en adultos como en niños. Esto se hizo porque con el cabello podemos conocer si una persona estuvo expuesta al mercurio en los meses anteriores a la toma de esta muestra. Los análisis de las muestras de sangre y cabello fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Industriales de la Universidad del Valle. Algunas muestras adicionales fueron tomadas en una quinta fase cuanto se identificó que había, para algunos individuos, cantidad de cabello insuficiente.



Figura 32. Metodología para el estudio del mercurio y sus efectos en la salud. Fuente: Elaboración propia.



En tercer lugar, quisimos averiguar si los niveles de mercurio encontrados en las muestras de cabello se asocian con algunas prácticas o comportamientos que se registraron en la encuesta general. Para conocer estas prácticas y comportamientos, se analizaron los datos recolectados en la encuesta general.

Como cuarto punto, realizamos una valoración clínica de los adultos encuestados para conocer el estado de salud de la población en general y relacionar estos resultados con los obtenidos en la detección de mercurio en el cuerpo.

De manera análoga, en esta cuarta etapa evaluamos el desarrollo neurocognitivo de los niños (Tabla

7). Para ello, aplicamos la prueba de **Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)** que permite evaluar, mediante un conjunto de subpruebas, los dominios de atención, memoria, habilidades gráficas y constructivas, habilidades perceptuales, lenguaje, habilidades metalingüísticas, escritura, lectura, aritmética y funciones ejecutivas. Detectar los dominios cognitivos afectados permite un diagnóstico inicial y el diseño de estrategias para prevenir o revertir esta situación y que no afecte el desarrollo de los niños. Adicionalmente, se tomaron medidas de peso, talla y cantidad de hemoglobina en la sangre para evaluar una relación entre estas variables físicas y fisiológicas con los resultados de ENI.

Tabla 8. Dominios cognitivos evaluados en la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)

Dominio	Subdominio	Subpruebas		
Habilidades constructivas	Construcción	Construcción con palillos Dibujo de la figura humana		
	Habilidades gráficas	Copia de figuras Copia de la figura compleja		
		Memoria verbal-auditiva	Lista de palabras Recuerdo de una historia	
Memoria (codificación)	Memoria visual	Lista de figuras		
	Habilidades perceptuales	Percepción visual	Imágenes superpuestas Imágenes borrosas Cierre visual Reconocimiento de expresiones Integración de objetos	
Evocación de estímulos auditivos			Recobro espontáneo de la lista de palabras Recobro por claves Reconocimiento verbal-auditivo Recuperación de una historia	
			Evocación de estímulos visuales	Recobro de la figura compleja Recobro espontáneo de la lista de figuras Recobro por claves Reconocimiento visual



Lenguaje	Repetición	Sílabas Palabras No palabras Oraciones
	Expresión	Denominación de imágenes Coherencia narrativa Longitud de la expresión
	Compresión	Designación de imágenes Seguimiento de instrucciones Comprensión del discurso
Atención	Atención visual	Cancelación de dibujos Cancelación de letras
	Atención auditiva	Dígitos en progresión Dígitos en regresión
Habilidades conceptuales		Similitudes Matrices Problemas aritméticos
	Funciones ejecutivas	Fluidez verbal
Fluidez gráfica		Fluidez fonémica Semántica No semántica
Aritmética	Conteo	Conteo
	Manejo numérico	Lectura de números Dictado de números Comparación de números escritos Ordenamiento de cantidades

A B C



Resultados sobre los niveles de mercurio en las personas y afectaciones en salud

Lo que dice la encuesta sobre las prácticas de uso del mercurio y la forma de protegerse en la población

De las personas encuestadas, el 5.6% afirma haber recibido una amalgama de oro con mercurio como regalo por parte de algún familiar o amigo. Además, el 18.8% afirma haber usado mercurio en sus actividades cotidianas o laborales.

Solo el 11.9% de los encuestados manifestó que usa elementos de protección durante la manipulación del mercurio. Los implementos más usados serían guantes y caretas.

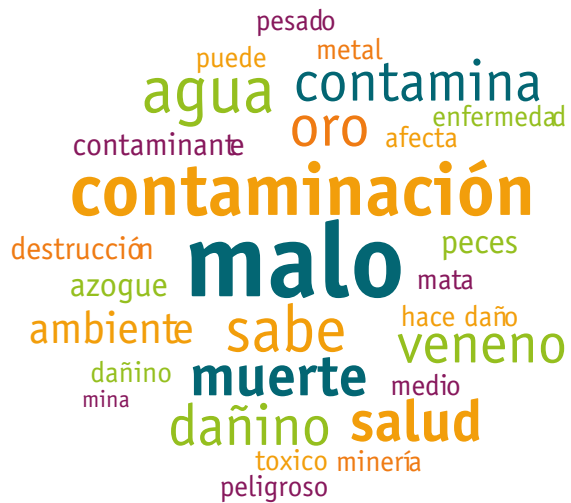
Hablando de otras actividades de posible exposición al mercurio, el 20.6% de las personas tienen como

actividad el manejo de pinturas, el 9.4% uso de termómetros y/o barómetros, 9.4% quema de implementos provenientes de las minas, el 9.4% manipulación de baterías y lámparas y el 8.1% uso de equipo clínico, industrial o químico.

Cuando se preguntó si consideraban que la presencia de mercurio se encuentra relacionada con enfermedades, el 71.3% respondió que sí relaciona la contaminación con mercurio y la aparición de enfermedades. El 75.2% considera al mercurio como muy peligroso. El 85.6% considera que es necesario usar implementos/equipos de seguridad de la actividad minera. En

cuanto a los beneficios de una buena alimentación para reducir los efectos negativos del mercurio, el 23.8% de los encuestados consideran que algunos alimentos pueden ayudar a reducir los efectos negativos en la salud.

Cuando se les pidió a los encuestados que dijeran las tres primeras palabras que se le vienen a la cabeza al escuchar la palabra mercurio, dentro de las palabras más usadas estuvieron “malo”, “contaminación”, “muerte”, “dañino” y “veneno” (Figura 33).



Palabras para describir el mercurio

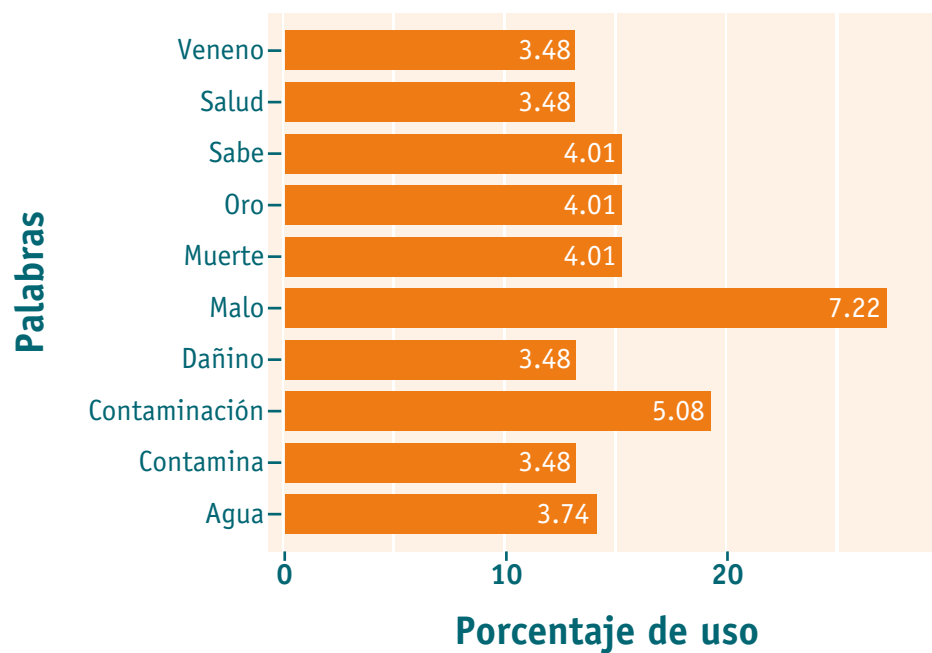


Figura 33. Palabras más usadas por los habitantes de La Toma y Yolombó cuando escuchan la palabra mercurio. Fuente: Elaboración propia.

Contenidos de mercurio en muestras de cabello

Los resultados que presentamos a continuación describen los niveles de mercurio medidos en el cabello, los comportamientos, y los síntomas de 129 habitantes de La Toma y Yolombó. Algunas de las muestras tomadas en niños y adultos varones que tenían el cabello muy corto, tuvieron que tomarse dos veces para de esta manera obtener la cantidad de cabello suficiente para el análisis de laboratorio. Pese a este esfuerzo, hubo 14 muestras que fueron insuficientes para desarrollar un análisis confiable en el laboratorio.

Las muestras de cabello son buenos indicadores del metilmercurio que llegó al cuerpo principalmente por el consumo de pescado contaminado y de agua. Los niveles de metilmercurio en cabello reflejan la exposición de 2-3 meses antes de la toma de muestra. Estos niveles de metilmercurio también dependen de la longitud y del tiempo de crecimiento de la muestra de cabello (ATSDR, 2022). El Ministerio de Salud (MinSalud, 2018) y la mayoría de agencias ambientales del mundo (EPA, PNUMA, NAS), han fijado que el límite máximo de mercurio en cabello es de 1000 $\mu\text{g}/\text{Kg}$. Es decir, que por arriba de ese valor máximo pueden ocurrir efectos negativos sobre la salud de las personas.

Entre las 115 personas en quienes se logró obtener una muestra de cabello suficiente para completar

el análisis de laboratorio con precisión, 13% presentaron valores de mercurio por encima de 1000 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ (Figura 34). Hubo personas que presentaron mercurio en cabello mayor a 5.000 $\mu\text{g}/\text{Kg}$, y los valores máximos observados estuvieron cercanos a los 15.000 $\mu\text{g}/\text{Kg}$. Estos hallazgos reflejan que un importante número de personas de la población tiene exposición a mercurio por encima de lo permitido.

Es posible, además, que esta medición esté subestimando la verdadera exposición al mercurio en las personas, ya que los biomarcadores dan cuenta solo de la exposición que ocurrió durante los últimos meses previos a la toma de muestra de cabello y los niveles de contaminación pueden cambiar con el tiempo. Por otro lado, es posible que las personas que aceptaron participar en el estudio sean principalmente aquellas que se preocupan por esta exposición y que, por tanto, más se cuidan al manipular el mercurio; mientras que aquellas que más se exponen pudieron decidir no participar. Lo anterior podría hacer que se esté subestimando el verdadero nivel de exposición en la población general, es decir que sea más alto el porcentaje de personas con valores por arriba del nivel permisible.

Exposiciones asociadas a la presencia de mercurio en cabello

32,6% de los participantes del estudio tenían la minería como principal ocupación o actividad económica, y ésta fue la principal exposición asociada con mayores valores de este metal en cabello (promedio= 1538,9 $\mu\text{g}/\text{Kg}$). Las personas con otras ocupaciones, incluyendo aquellas que practican la minería sin mercurio, tuvieron valores significativamente más bajos de mercurio en cabello (en promedio 1.130 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ más bajos). Entre las personas que usan mercurio en la minería, el 30% presentaron valores mayores a lo permisible, mientras que entre los que desarrollaban minería ancestral sin mercurio solo el 2% superaron ese valor. También, encontramos una tendencia a tener valores de mercurio más altos (654 $\mu\text{g}/\text{Kg}$) en las personas que viven cerca de un sitio donde se quema o comercializa el oro. Las personas que consumen pescado también presentaron valores más altos, especialmente aquellos que consumen pescado varias veces por semana. Entre las personas que consumen casi a diario pescado, el promedio de mercurio en cabello fue de casi 4.000 $\mu\text{g}/\text{Kg}$.

En resumen, practicar la minería con mercurio, vivir cerca de una mina que usa mercurio o de una compraventa de oro, y consumir pescado a diario son los factores que más se relacionan con tener mercurio por arriba de los niveles permisibles y pueden significar un riesgo para la salud

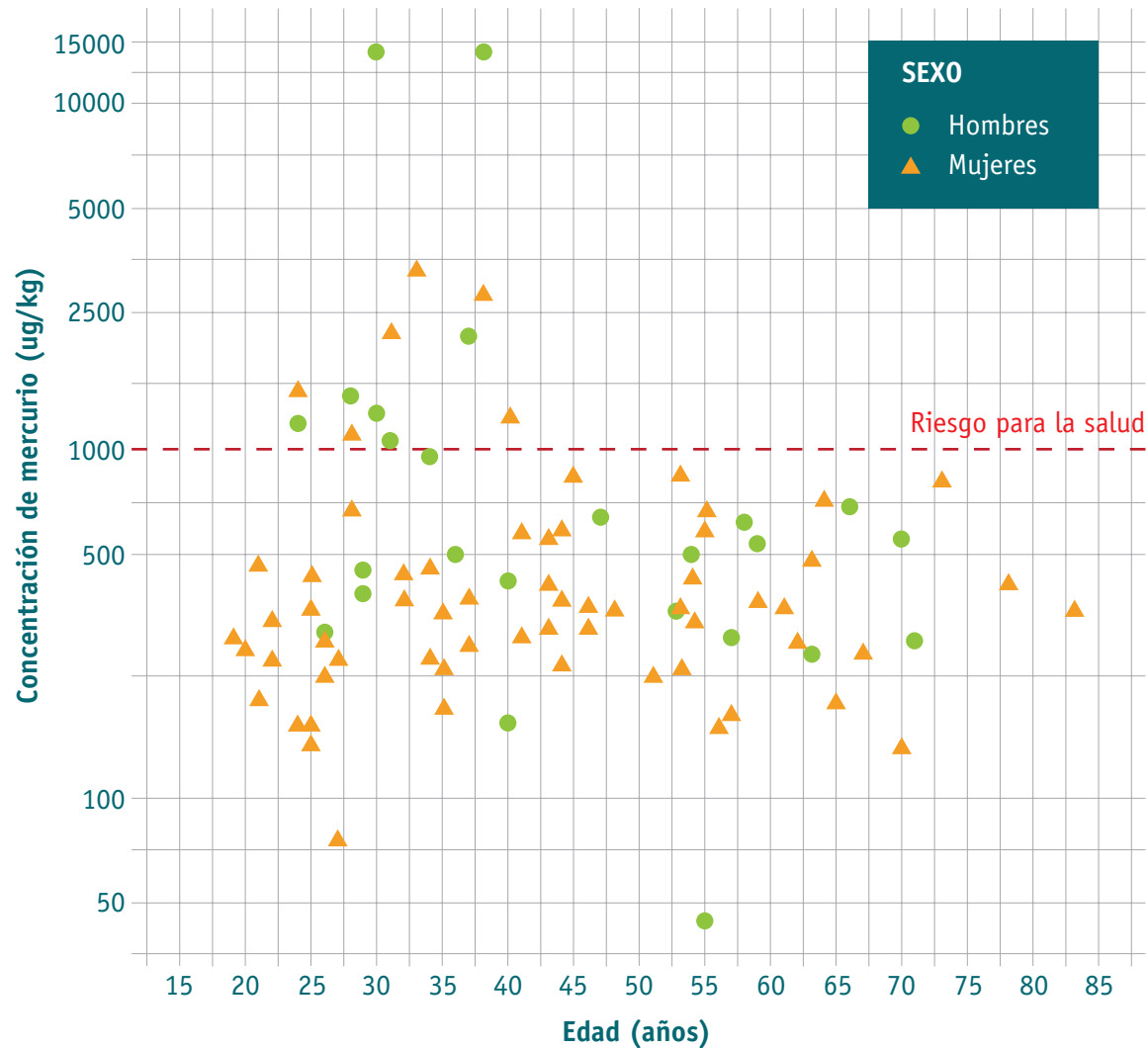


Figura 34. Niveles de mercurio en cabello de hombres y mujeres de La Toma y Yolombó. El mercurio se midió en µg/Kg. Los círculos verdes representan los hombres y los triángulos amarillos representan las mujeres. La línea roja indica el nivel de 1000 µgHg/Kg, nivel en el que se presentan efectos negativos sobre la salud humana. Fuente: Elaboración propia.

Síntomas y hallazgos al examen médico

Los síntomas más frecuentes en las personas fueron los relacionados con posibles afectaciones en el sistema nervioso (por ejemplo, nerviosismo, pérdida de la memoria, entumecimiento y tristeza en cerca o más de la mitad de las personas), frecuentes dolores de cabeza, palpitaciones, pérdida de peso y fatiga. En el examen físico encontramos muchas personas con síntomas neurológicos como rigidez en la marcha (52,8%), dificultad para hacer movimientos alternantes (67,4%), temblores en los párpados (73,6%) y en las manos (15,5%), además de otros compromisos de coordinación motora. Unas pruebas especiales que hicimos en el examen médico sirvieron para encontrar que el 58,6% de las personas tenían problemas de memoria (recordación de números) y 78,1% presentaban problemas de habilidad, destreza y coordinación (pruebas con cerillos). Otro hallazgo muy frecuente y que necesita estudiarse más detalladamente es la identificación de un halo en los ojos en más de la mitad de las personas examinadas (53,2%), lo que puede ser resultado de depósitos crónicos de metales pesados, como el mercurio.

Adicionalmente, un hallazgo que puede inicialmente parecer paradójico, es que las personas con varios y más severos síntomas tienen bajos niveles de mercurio en cabello (promedio de mercurio en personas con

3 o más síntomas: 491,4 $\mu\text{g}/\text{Kg}$), mientras que aquellos con uno o dos síntomas leves tienen niveles más altos de mercurio (promedio en personas con 1 síntoma: 1596,7 $\mu\text{g}/\text{Kg}$; con 2 síntomas: 1081,2 $\mu\text{g}/\text{Kg}$). Desafortunadamente, este resultado puede estar reflejando que las personas dejan de exponerse al mercurio solo cuando tienen un compromiso en su salud muy marcado, cuando ya es irreversible y, aunque tienen niveles de mercurio bajos porque ya no se exponen tanto, el daño en su sistema nervioso puede estar hecho.

En la evaluación neurocognitiva de los niños y las niñas, encontramos resultados que sugieren problemas de concentración, y afectación de algunas habilidades y capacidades cognitivas. De los dominios evaluados, los más afectados fueron la memoria auditiva (evocación diferida), memoria visual (evocación diferida), comprensión, conteo, atención visual y fluidez gráfica. En todos estos dominios, los participantes se ubicaron en desempeño límite (rango percentil 5-9) de acuerdo con la categorización por percentiles propuesta por la prueba Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI). Este bajo desempeño en los diferentes dominios cognitivos en los/as niños evaluados es un fenómeno relacionado con varios factores y es necesario, en este sentido, llevar a cabo otros estudios que profundicen cuáles son los factores ambientales, familiares, sociales y culturales

relacionados con este desempeño; en otras palabras, es necesario examinar de manera integral todas las condiciones de vulnerabilidad que estarían afectando a niñas y niños.

Estos resultados muestran que existen afectaciones en la salud de la población, con síntomas y signos frecuentes tanto en hombres como en mujeres, y en todos los grupos de edad, en especial con compromiso del sistema nervioso. Es posible que haya otros factores relacionados con estos problemas de salud y que no todos los hallazgos puedan explicarse exclusivamente por la exposición al mercurio. Sin embargo, el mercurio es conocido como una de las sustancias tóxicas más peligrosas para la salud de los seres humanos, por lo que no deben retrasar las acciones de precaución para evitar que los efectos sean severos

Recomendaciones para proteger la salud de la comunidad

Hemos encontrado que 13% de las personas que hicieron parte del estudio clínico tienen niveles de mercurio por encima del límite recomendado, aunque es posible que la exposición al mercurio a lo largo de la vida sea más alta en la población, pues muchos tienen síntomas probablemente causados por este metal, principalmente en el sistema nervioso. Es

importante identificar quiénes están expuestos, pues, como vimos, inicialmente los síntomas pueden pasar desapercibidos, y solo cuando se instauran y son más severos se toman medidas que pueden resultar tardías. Por tanto, en todos los casos en que haya sospecha o preocupación por alguna de estas situaciones, es necesario consultar, hacer exámenes especiales, y tomar las medidas o tratamientos indicados por un médico.

Lo más importante, en todo caso, es la prevención: siempre es mejor prevenir que curar o lamentar, pues algunos efectos son permanentes en la salud. Es muy importante que estemos pendientes de identificar cómo nos podemos exponer al mercurio y evitar estas situaciones.

Lo mejor sería que no tuviéramos mercurio en el territorio pues sabemos que contamina nuestros cuerpos y la naturaleza. Además de quienes se exponen en el trabajo, muchos/as pueden exponerse de manera indirecta. En particular, debe prevenirse que las mujeres embarazadas y lactantes, así como los niños, se expongan al mercurio.

Hay que procurar no almacenar mercurio en la casa y que en ninguna circunstancia esté al alcance de los menores de edad. Los niños no saben el riesgo al que se exponen y si llegaran a consumirlo o ponerlo



en contacto con su piel, les podría causar una intoxicación accidental aguda.

Como el agua y los peces pueden ser fuente de contaminación, es importante que se evalúe constantemente (monitoreo) el estado de contaminación de esas dos fuentes posibles de exposición de mercurio para las personas. Es posible que en las actuales condiciones, no consumir pescado a diario sea una manera de reducir la exposición al mercurio.

Si todos/as estamos pendientes y cooperamos de manera solidaria, podemos encontrar soluciones que beneficien a la comunidad en general y a todo el territorio, incluida la naturaleza, sus ríos, sus plantas y animales, pues si ellos están sanos, también lo estaremos nosotros.

Es importante abrir espacios en la comunidad donde se pueda hablar de las consecuencias a las que se exponen las personas con el uso de mercurio en la minería. Solo si se habla del problema, todos/as podrán aportar sus puntos de vista y buscar soluciones a corto y largo plazo. Cuando hablemos de este problema, debemos ir con una buena disposición a escuchar a los demás y conocer su punto de vista. Así, podremos saber cómo perciben los demás el uso del mercurio y,

entre todos, podremos identificar soluciones, tanto desde la autonomía de la comunidad como a través de la gestión con autoridades gubernamentales.

Es relevante generar procesos de educación en la comunidad para entrenar personas que sepan identificar los signos y síntomas de intoxicaciones mercuriales. Para lograrlo, antes es necesario diseñar programas de capacitación que entrenen a los habitantes para identificar los signos y síntomas. También, es necesario informarse de los derechos que tienen como comunidad cuando se enfrentan a una situación de contaminación por mercurio, como la que vemos con los resultados de este estudio (Ver apartado de normativas en la sección final de este libro).

Aunque no está en nuestras manos remediar los problemas de salud causados por el mercurio, sí está en nuestras manos tomar medidas preventivas para evitar nuevas intoxicaciones, así como escuchar y acompañar a las personas a quienes la intoxicación por mercurio les ha causado efectos negativos en su salud o en la de sus familiares. Esta es nuestra primera manera de ayudar a los demás. Más adelante, se debe pedir atención médica y explorar opciones para erradicar el problema del territorio.



4. PERSPECTIVA DE GÉNERO

La contaminación con mercurio es una realidad a la que nos enfrentamos en la comunidad de La Toma y Yolombó. Pero es diferente la forma en que los hombres y las mujeres perciben y les afecta esta problemática.

¿De qué manera perciben los hombres y las mujeres la problemática de contaminación por mercurio?

Las mujeres mineras de La Toma y Yolombó tienen una trayectoria de trabajo en la que extraen el oro a través de prácticas independientes a las que usan los hombres. Durante las labores de minería, las mujeres emplean técnicas y herramientas diferentes, por lo que su exposición al mercurio también es diferente. Las mujeres prefieren un tipo de minería que no requiere de herramientas pesadas o una alta inversión de dinero; estas prácticas se conocen como mazamorreo, minería de aluvión y minería con cajones.

La mujer en el hogar

Además de la minería, las mujeres se encargan de labores como cocinar, lavar la ropa, cuidar a los/as niños/as y recoger agua. Aunque no lo imaginemos, cuando realizan estas actividades del hogar, las

mujeres pueden exponerse al mercurio. También, cuando van al río y tienen contacto con el agua contaminada con mercurio, las mujeres pueden tener exposición dérmica a esta sustancia tóxica.

Por otro lado, al estar la mayor parte del tiempo al cuidado de los/as niños/as, las mujeres adquieren mayor conocimiento que los hombres sobre los impactos negativos del mercurio en la salud de los pequeños. Por lo que implica el cuidado del hogar en un contexto contaminado con mercurio, consideramos que representa un trabajo adicional para las mujeres. Por ejemplo, tienen que hervir el agua por temor a que esté contaminada con mercurio. En otras ocasiones, las mujeres se ven obligadas a cambiar de fuentes de abastecimiento de agua, pero no encuentran nacimientos o aljibes alternativos que sean seguros y cercanos a sus casas;

esto genera preocupación y estrés. También, en ocasiones deben cambiar su alimentación y la de la familia porque el pescado no puede ser consumido; este cambio puede implicar inseguridad alimentaria pues no se cuenta con recursos económicos para reemplazar esta fuente de proteína.

Metodología para conocer la forma en que hombres y mujeres perciben la contaminación por mercurio

Con el fin de conocer la percepción de hombres y mujeres sobre la minería, se llevaron a cabo talleres

con enfoque de género (uno en Yolombó y uno en La Toma). En ellos, las mujeres de la comunidad compartieron sus percepciones sobre los riesgos asociados con la contaminación por mercurio, y también expresaron sus dudas y preocupaciones al respecto (Figura 35).

Además, se realizaron entrevistas semi-estructuradas a las mujeres mineras. Con estas entrevistas se quiso conocer las prácticas mineras que ellas realizan y su conocimiento acerca del mercurio.

Finalmente, como parte de la encuesta general, se incluyó un apartado para caracterizar el uso del tiempo en el hogar y la división de las tareas entre los miembros del hogar; con esta información, realizamos un análisis descriptivo de la exposición a mercurio asociada con estas tareas. Además, otro componente de la encuesta indagó sobre las ocupaciones y técnicas mineras utilizadas por diferentes miembros del hogar, y los cambios generados a partir de la introducción del mercurio en las prácticas de extracción de oro a nivel local.

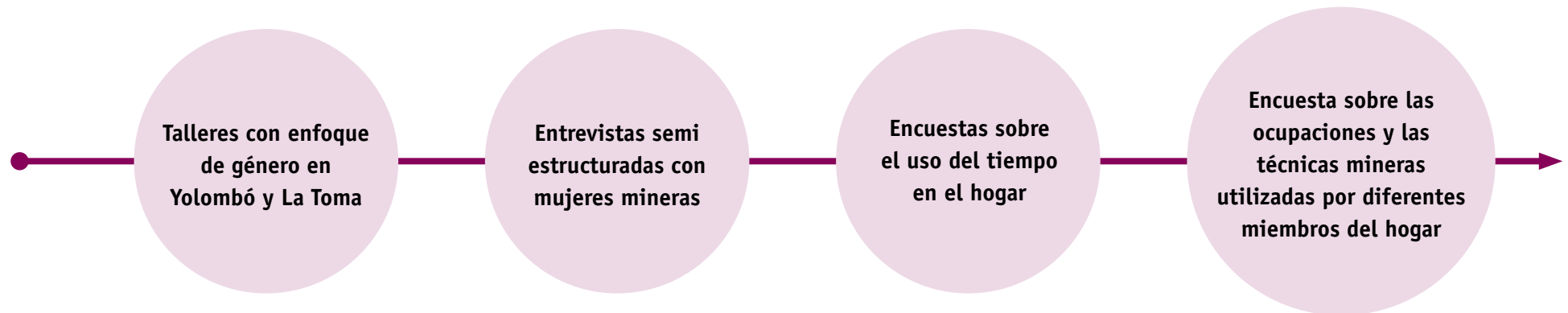


Figura 35. Metodología para conocer las visiones y sentires de hombres y mujeres respecto a la contaminación por mercurio. Fuente: Elaboración propia.

Resultados y recomendaciones

Los hombres y las mujeres hacen diferentes tipos de minería

Con las encuestas y los talleres pudimos conocer no solo la relación de las mujeres y los hombres con la minería. También, pudimos analizar cómo el uso del mercurio ha afectado el ambiente, la salud, y aspectos económicos y culturales de la comunidad.



La minería tradicional sin mercurio representa un importante valor cultural y económico para las mujeres. Ellas hacían minería en el río Ovejas y en las quebradas de las veredas de Yolombó y La Toma. Esta actividad ha permitido a las mujeres generar ingresos económicos para su hogar, ganar independencia económica y mantener una tradición cultural de siglos. La minería también representaba un espacio de socialización para tejer lazos de hermandad y solidaridad femenina.

Sin embargo, por temor a la contaminación creciente en su territorio y por la escasez de oro en estos espacios, las mujeres disminuyeron su dedicación a la minería tradicional. Algunas solo hacen minería como acompañantes de sus familiares hombres en la minería de filón. Otras, han preferido dedicarse a actividades alternativas. Muchas mujeres jóvenes han preferido migrar ante la escasez de oro en las quebradas y la competencia por puestos de trabajo en las minas.

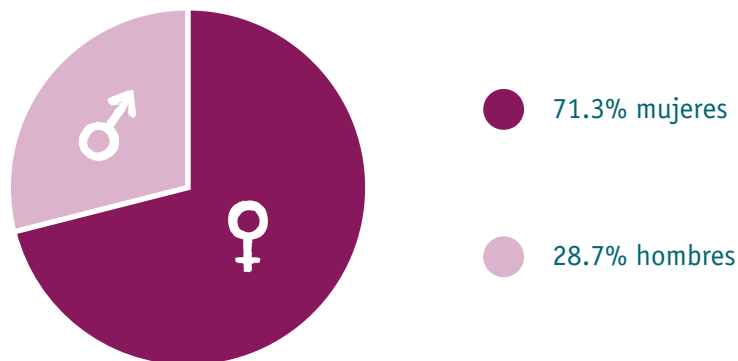
Las mujeres que trabajan en minería de filón, la cual requiere de herramientas pesadas y más inversión de dinero, habitualmente lo hacen sólo con la función de apoyar a otros miembros del hogar. En estas actividades, las mujeres generalmente se dedican a tareas como cocinar o transportar los desechos del proceso minero.

Con la minería artesanal con mercurio, las mujeres pasaron a cumplir un papel secundario de apoyo a los hombres, por lo que ellas perciben que han perdido su independencia económica, pasando de trabajar de forma independiente en el río, a ayudar a los hombres en la actividad minera, pero de una manera subordinada. Esta situación se puede considerar como un efecto secundario o indirecto de la contaminación por uso de mercurio. Las ganancias del trabajo de minería son repartidas entre los miembros del hogar, pero regularmente son los hombres quienes realizan dicha repartición de las ganancias.

La figura 36 nos muestra qué proporción de hombres y de mujeres realizan minería tradicional sin mercurio y minería artesanal con mercurio como su principal fuente de ingreso (actividad económica principal). De las personas que realizan **minería artesanal con mercurio** como su principal fuente de ingreso, el **53.3%** son **mujeres** y el **46.7%** son **hombres**. Por otro lado, de las personas que realizan **minería tradicional sin mercurio** como su principal fuente de ingreso, el **71.3%** son **mujeres** y el **28.7%** son **hombres** (Figura 36).

En los talleres, las mujeres contaron que tienen menos conocimiento sobre las maneras de manipular el mercurio. Además, lo consideran peligroso y prefieren no participar del lavaje del material extraído en los molinos, ni en el momento de la quema de la amalgama. Sin embargo, aquellas que participan de la minería artesanal con mercurio, dicen que ellas no deciden sobre la utilización de mercurio en la minería artesanal, y que si ellas quieren participar de esta actividad tienen que aceptar esta disposición, en manos de los hombres.

Participación en la minería tradicional



Participación en la minería artesanal

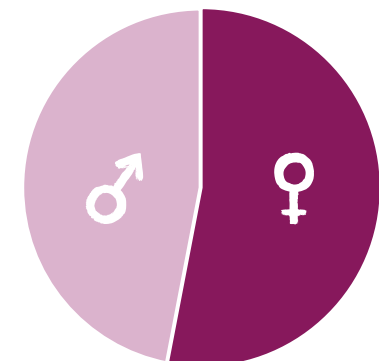
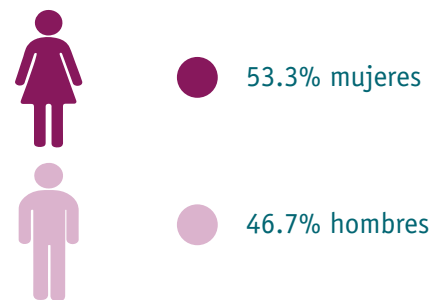


Figura 36. Participación de hombres y mujeres en la minería tradicional (libre de mercurio) y artesanal (con mercurio). Fuente: Elaboración propia.

Los hombres, por su lado, aprenden a manipular el mercurio a través del intercambio de conocimiento con otros mineros, sobre todo mineros foráneos que han llegado de Antioquia y Nariño. Además, relatan que los dueños de los molinos promueven esta práctica porque el uso del mercurio reduce la cantidad de agua y los gastos económicos implicados en el proceso de extracción del oro. Hombres y mujeres explican que el uso de mercurio se ha incentivado por la dificultad para construir un molino comunitario para procesar el material extraído en la minería de filón.

Habitualmente, los hombres son quienes toman la decisión de utilizar mercurio o no, mientras las mujeres son excluidas de estos procesos de toma de decisión. Un factor que explica su marginación es la falta de acceso al conocimiento de las técnicas mineras, pues los pocos procesos de formación y capacitación que se han realizado en el territorio han sido direccionados a hombres mineros. El resultado es que el uso de mercurio se convierte en una decisión dominada por los hombres mineros, a pesar de que la contaminación también afecte a las mujeres. La afectación involuntaria de las mujeres se da en el contexto de su ayuda a los hombres en las minas, pero también cuando queman mercurio y los gases quedan en el aire.

En muchos hogares se hace quema de amalgama en casa. El **22.5%** de los entrevistados respondió que al menos una persona de su hogar realiza este tipo de quema rudimentaria para separar el oro del mercurio. Si bien las mujeres manipulan menos esta sustancia, el solo hecho de estar presentes en el momento de la quema implica una forma involuntaria pero directa de exposición, no solo para ellas sino también para los/as niños que pueden llegar a inhalar mercurio. De hecho, algunas mujeres no están de acuerdo con que estas actividades se lleven a cabo en el hogar, y se sienten amenazadas por la presencia de esta sustancia en casa. En particular, están preocupadas por los posibles impactos negativos que se pueden generar en los/as niños/as.

Las mujeres perciben los síntomas asociados a la contaminación por mercurio

Por su labor en el cuidado de los niños, las mujeres han visto en ellos ciertos síntomas asociados a la contaminación por mercurio como son:

- Retrasos en el aprendizaje
- Manchas en la piel
- Malformaciones

Algunas mujeres expresan preocupación por no saber cómo proteger a los miembros de su familia frente a este riesgo. Las mujeres embarazadas, en particular, expresan preocupación por la posibilidad de que el padre del bebé, trabajando en las minas y exponiéndose constantemente al mercurio, pueda transmitir algún tipo de enfermedad y/o malformación al feto en formación. Otras mujeres expresan preocupación porque su fertilidad, así como la de los hombres de la comunidad, puede resultar afectada; inquietudes también son expresadas respecto a la impotencia de los hombres por causa de la contaminación con mercurio.

Para que las personas puedan tomar acciones de cuidado frente al mercurio, es necesario que las instituciones responsables no sólo actúen desde la criminalización sino desde la educación. En este sentido, es urgente reconocer ampliamente las causas socio-económicas, y los síntomas clínicos y sociales de la contaminación con mercurio. Por ejemplo, una forma en la que el padre puede afectar a la madre y a su futuro hijo es cuando ha trabajado con mercurio y llega a su casa contaminado en su ropa o en su piel; al estar en contacto con la madre en embarazo, de esta manera también puede ella contaminarse y afectar al bebé que viene en camino.

Principales problemáticas y soluciones expresadas por las mujeres de La Toma y Yolombó

- No se sienten escuchadas ni atendidas por las instituciones del estado.
- Carecen de medios que les permitan obtener acceso a información confiable que les ayude a formarse y a conocer más sobre el mercurio, sus efectos y sus riesgos.
- Sienten un temor creciente por los daños a la salud y el ambiente generados por el mercurio, así como las represalias en su contra por oponerse al uso de esta sustancia en su territorio.

Ante estas problemáticas expresadas por las mujeres, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Consideran necesario implementar capacitaciones para mineros y programas de financiación de nuevas tecnologías por parte de las instituciones públicas pertinentes.

- Asegurar una gestión institucional adecuada que garantice el acceso al agua de manera segura y suficiente para las mujeres y sus familias.
- Involucrar a las mujeres en el proceso comunitario de toma de decisiones respecto al uso del mercurio, reconociéndolas como actores sociales y políticos cuya opinión, perspectiva y conocimiento deben ser tomadas en cuenta.
- Involucrar a las mujeres en procesos de formación respecto al uso de estrategias de minería sostenible y apropiación de saberes ancestrales sobre la minería, para fomentar prácticas mineras tradicionales y que permitan cuidar de mejor manera el territorio.
- Garantizar el acceso de las mujeres a información sobre los impactos del mercurio en la salud

humana para que puedan tomar decisiones sobre el uso y el manejo del agua, la preparación de comidas y el cuidado de los/as niños.

- Financiar proyectos comunitarios para la construcción de molinos y otra infraestructura para el transporte del agua y el lavado del oro que puedan ser gestionados sin el uso del mercurio.
- Elaborar estrategias para fortalecer proyectos productivos para mujeres que fortalezcan su independencia económica para construir alternativas a la minería artesanal que utiliza mercurio, y reducir su exposición al mercurio y su vulnerabilidad económica.

Normativas que establecen los límites permisibles de mercurio en agua, aire y alimentos

Existen varias normativas que establecen los límites permisibles de mercurio en agua, aire y alimentos, a la vez que también vigilan el contenido de mercurio en estas matrices ambientales. Conocer dichas normativas será de utilidad al momento de requerir información, reportar casos de intoxicación y buscar apoyo. A continuación, la Tabla 9 sintetiza las más importantes normativas para Colombia.

Tabla 9. Normativa colombiana relacionada con los límites permisibles de mercurio en agua, aire y alimentos, y los derechos que tiene una población para proteger su vida y su territorio.

Normativa	Objetivo y utilidad
Ley 1892 del 11 de Mayo de 2018	Por medio de la cual el congreso de Colombia aprueba el Convenio de Minamata sobre el mercurio, logrado en Kumamoto (Japón), el 10 de octubre de 2013.
NTP 120/84 Cuestionario médico específico para mercurio	Protocolo de vigilancia epidemiológica. Permite detectar las alteraciones de la salud, derivadas de la exposición a bajas concentraciones de vapores de mercurio, antes de que los síntomas clínicos se manifiesten claramente.
NTP 229 Mercurio inorgánico y metálico: protocolo de vigilancia médica.	Amplía el cuestionario (NTP 120/84) y permite detectar las alteraciones de la salud, derivadas de la exposición a bajas concentraciones de vapores de mercurio, antes de que los síntomas clínicos se manifiesten claramente.
Ley de Víctimas 1448 de 2014. Decreto Étnico específico	Revisión de oportunidades de reparación y remediación que tiene la comunidad a los pasivos ambientales que se presenten por las actividades económicas, productivas, de infraestructura que se hicieron en la zona.

Normativa	Objetivo y utilidad
Ley 1658 de 2013	Revisión de las disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1594 de 1984	Por medio de cual se fijan los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano, doméstico, recreativo y para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, estableciendo los valores máximos permisibles para los diferentes metales pesados.
Decreto 3518 del 9 de octubre de 2006	Por medio del cual se crea y reglamenta el sistema de vigilancia en salud pública y se dictan otras disposiciones.
Ley 1333 de 2009	Por medio del cual se estipulan sanciones ambientales en caso que empresas mineras no tramiten los permisos de operación correspondientes.
Decreto 1076 de 2015 Artículos 2.2.3.2.5.1. y 2.2.3.2.7.1	Decreto único reglamentario para el sistema de ambiente y desarrollo sostenible.
Ley 99 de 1993 Artículo 85	<p>Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.</p> <p>En su artículo 85. Se estipula que el Ministerio del Medio Ambiente y las Corporaciones Autónomas Regionales impondrán al infractor de las normas sobre protección ambiental o sobre manejo y aprovechamiento de recursos naturales renovables, mediante resolución motivada y según la gravedad de la infracción, distintos tipos de sanciones y medidas preventivas.</p>

Normativa	Objetivo y utilidad
Resolución N.º 631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Resolución N.º 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Norma de la OMS del 2011	Guías para la calidad del agua de consumo humano.
Índice ICA Dinius	Este índice de calidad de agua está conformado por 12 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, cuya clasificación está orientada a aguas a ser empleadas como fuente de captación para consumo humano, considera 5 usos del recurso: consumo humano, agricultura, pesca y vida acuática, industrial y recreación.
Norma técnica colombiana 1443	Por medio de la cual se establecen los requisitos del pescado entero, medallones y trozos, refrigerados o congelados aptos para consumo humano.
Resolución N.º 776 de 2008	Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano
Sentencia T-622/16	Principio de precaución ambiental y su aplicación para proteger el derecho a la salud de las personas. Caso de comunidades étnicas que habitan la cuenca del río Atrato y manifiestan afectaciones a la salud como consecuencia de las actividades mineras ilegales.
Sentencia T 1045-A	Tutela los derechos fundamentales al debido proceso y a la consulta previa, libre e informada del Consejo Comunitario de La Toma en el municipio de Suarez, Cauca. Busca restablecer a esta comunidad afro-descendiente los derechos que se vieron afectados ante el otorgamiento de licencias para la explotación minera por parte de foráneos en su territorio ancestral.

REFERENCIAS

Abbasi. T. & Abbasi. S. (2012). *Water Quality Indices*. Amsterdam: ELSEVIER.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2022. *Toxicological Profile for Mercury (Draft for Public Comment)*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. <https://www.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=115&tid=24>

Burger, J. (2005). Stern AH, Gochfeld M. Mercury in commercial fish: Optimizing individual choices to reduce risk. *Environ Health Persp.* 113 (3): 266-271.

Bradley, M. A., Barst, B. D., & Basu, N. (2017). A review of mercury bioavailability in humans and fish. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph14020169>

Castro. M., Almeida . J., Ferrer. J. & Díaz. D. (2014). "Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*. 111-124.

Cordy, P., Veiga, M., Salih, I., Al-Saadi, S., Console, S., Garcia, O., Mesa, L., Velásquez-López, P., & Roeser, M. (2011). Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: The world's highest per capita mercury pollution. *Science of The Total Environment* 410-411(1), 154-160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.006>

CORANTIOQUIA. (2009). *Operación y mantenimiento del sistema Tanque Séptico- FAFA*. Medellín.

Díaz, F.A., Katz, L.E. & Lawler, D.F. (2020). Mercury pollution in Colombia: challenges to reduce the use of mercury in artisanal and small-scale gold mining in the light of the Minamata Convention. *Water International*, 45(7-8), 730- 745. <https://doi.org/10.1080/02508060.2020.1845936>

Decreto 1594 de 1984 [Ministerio de Agricultura]. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III – Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. 26 de junio de 1984.

Decreto 3518 de 2006 [Ministerio de la protección social]. Por el cual se crea y reglamenta el Sistema

de Vigilancia en Salud Pública y se dictan otras disposiciones. 09 de octubre de 2006.

Decreto 1076 de 2015 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible. 26 de mayo de 2015.

Debes F, et al. (2016). Cognitive deficits at age 22 years associated with prenatal exposure to methylmercury. *Cortex*; 74:358-69

EPA y FDA. (2004). Lo que usted necesita saber sobre el mercurio en el pescado y los mariscos. [En Línea]. Disponible en: <https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/brochure-spanish.pdf>

EPA (2009). EPA-816-F-09-004/ MAY 2009. National primary drinking water regulations.

EPA [United States Environmental Protection Agency] (2019). IRIS Assessment Plan for Methylmercury (Scoping and Problem Formulation Materials). Washington D.C., United States. Recuperado de: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/recordisplay.cfm?deid=343693

- García, S. L., Arguello, A., Parra, R., & Pincay Pilay, M. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Research Journal*, 4(2), 59-71. DOI: <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n2.2019.909>
- Gaona, X. (2004). El mercurio como contaminante global: Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente. Trabajo de grado para optar al título de Doctor en Química. Universidad Autónoma de Barcelona, departamento de química. España, Barcelona. Recuperado el 21 de Agosto del 2019 en: <http://grupsderecerca.uab.cat/gts/sites/grupsderecerca.uab.cat.gts/files/TESIS%20XG.pdf>
- Gallo, J.A., Pérez, E.H., Figueroa, R. & Figueroa, A. (2021). Water quality of streams associated with artisanal gold mining; Suárez, Department of Cauca, Colombia. *Heliyon*, 7(6), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07047>
- González-Estecha, M., Bodas-Pinedo, A., Rubio-Herrera, M., Martell-Claros, N., TrasobaresIglesias, E., Ordóñez-Iriarte, J., Guillén-Pérez, J., Herráiz-Martínez, M., García-Donaire, J., Farré-Rovira, R., Calvo-Manuel, E., Martínez-Álvarez, J., Llorente-Ballesteros, M., SáinzMartín, M., Martínez-Astorquiza, T., Martínez-García, M., Bretón, I., Cuadrado-Cenzual, M., Prieto-Menchero, S., Gallardo-Pino, C., Moreno-Rojas, R., Bermejo-Barrera, P., Torres-Moreno, M., Arroyo-Fernández, M y Calle-Pascual, A. (2014). Efectos sobre la salud del metilmercurio en niños y adultos: estudios nacionales e internacionales. *Nutrición Hospitalaria*, 30(5), 989-1007. [En Línea]. DOI: <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.30.5.7728>
- Gustin K. Tofail F. Mehrin F. Levi M. Vahter M. Kippler M. (2017). Methylmercury exposure and cognitive abilities and behavior at 10 years of age. *Environ Int.*:102:97-105. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.004>
- Hernández Sánchez, C; González G, Luis; Armendáriz C, Rubio; Caballero Mesa, JM; Ben-Charki ElMousati, N; Hardisson de la Torre, A. (2011). Trihalometanos en aguas de consumo humano. *Revista de Toxicología*, vol. 28, núm. 2.
- Health Canada. (2004). PopStoolKit for Non-Carcinogen. Disponible en: <http://www.popstoolkit.com/tools/HHRA/NonCarcinogen.aspx>
- Health Canada. (2010a). Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada. Part II: Health Canada Toxicological Reference Values (TRVs). Version 2.0. Ottawa, Canada. Minister of Health.
- Health Canadá. (2010b). Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada, Part I: Guidance on Human Health Preliminary Quantitative Risk Assessment (PQRA), Version 2.0.
- IGAC. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). (2009). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento del Cauca. Bogotá. Imprenta Nacional de Colombia.
- IGAC. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). (2009). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento del Cauca. Bogotá. Imprenta Nacional de Colombia.
- Jova-Rodríguez M.C. Díaz Padrón.H. and Jova Linares.Y. (2018). Riesgo para la salud de la mujer por la exposición a mercurio. *Convención Internacional de Salud. Cuba Salud*.
- Ley 1892 de 2018 [Congreso de Colombia]. "Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Minamata sobre el Mercurio, hecho en Kumamoto (Japón) el 10 de octubre de 2013" .11 de mayo de 2018.
- Ley 1448 de 2014 [Congreso de la República]. Por la cual se dictan medidas de atención, asistencia y reparación integral a las víctimas del conflicto armado interno y se dictan otras disposiciones. 10 de junio de 2011.

Ley 1658 de 2013 [Congreso de la República]. Por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones. 15 de julio de 2013.

Ley 99 de 1993 [Ministerio del interior]. Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA y se dictan otras disposiciones. 22 de diciembre de 1993.

Ley 1333 de 2009 [Congreso de la República]. Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. 21 de julio de 2009.

MinSalud 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. Protocolo elaborado por entidades del sector salud para dar respuesta a lo establecido por la Sentencia T622 de 2016.

Machado Caicedo, M. (2007). Un rastro del África Central en el Pacífico colombiano: tallas sagradas

entre los indígenas Chocó y su legado africano (Congo y Angola). In: Mosquera Rosero-Labbé, C. & Barcelos, L. (Eds) Afro-reparaciones. Memorias de la esclavitud y justicia reparativa para negros, afrocolombianos y raizales (Claudia & Luiz Claudio). Bogotá: Centro de Estudios Sociales, Universidad Nacional de Colombia (Colección CES). Pp. 531-555.

Machado, L; Ospina, J; Henao, N & Marin, F. (2010). Problemática ambiental ocasionada por el mercurio proveniente de la minería aurífera tradicional, en el corregimiento de Providencia, Antioquia. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería. Colombia, Medellín. Recuperado el 7 de Agosto del 2019 en: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/handle/10495/1301>

Massé, F., & Le Billon, P. (2018). Gold mining in Colombia, post-war crime and the peace agreement with the FARC. *Third World Thematics: A TWQ Journal*, 3(1), 116-134.

Morgan V, Casso-Hartmann L., Velez-Torres I., Vanegas D. C., Muñoz-Carpena R., McLamore E. S. & G. A. Kiker. (2021). Modeling exposure risk and prevention of mercury in drinking water for artisanal-small scale gold mining communities. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. DOI: 10.1080/10807039.2020.1855576

Navarrete, C. (2005). Génesis y desarrollo de la esclavitud en Colombia siglos XVI y XVII. Cali: Universidad del Valle. Pp. 156.

National Research Council (NCR). 2000. Toxicological effects of methylmercury. Primera. edición. Washington D. C., US: National Academy Press.

Norma Técnica Colombiana 1443. (2009). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. Productos de la pesca y acuicultura. Pescado entero, medallones y trozos, refrigerados o congelados. 12 de febrero de 2009.

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO/IEC 17025. (2005). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Bogotá, Colombia.

NTP 120. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. Cuestionario médico específico para mercurio. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. España.

OMS. (2004) IPCS: Risk assessment terminology. Project Document, No. 1. World Health Organization. Harmonization. Geneva, Switzerland. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42908>

- OMS. (2017). El mercurio y la salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
- Oken, E; Wright, R; Kleinman, K; Bellinger, D; Amarasiwardena, C; Hu, H; RichEdwards, J & Gillnan, V. (2005). Maternal fish consumption, hair mercury, and infant cognition in a US cohort. *Environ Health Persp.* 113: 1376-1380.
- Ott. W. R., Steinemann. A. C., & Wallace. L. A. (2006). *Exposure analysis*. CRC Press. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781420012637>.
- Pedersen, Y; Hansen, J; Mulvad, G; Pedersen, H; Gregersen, M; Danscher, G. (1999). Mercury accumulation in brains from populations exposed to high and low dietary levels of methylmercury. *Int J Circumpolar Hcal.* 58: 96-107.
- PLAN DE DESARROLLO “POR UN SUÁREZ INCLUYENTE, EMPRENDEDOR, SOSTENIBLE Y EN PAZ” 2020 – 2023. <http://www.concejo-suarez-cauca.gov.co/noticias/por-medio-del-cual-se-adopta-el-plan-de-desarrollo-del>
- Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la protección social. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial]. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. 22 de junio de 2007.
- Resolución 0631 de 2015 [Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible]. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. 17 de marzo de 2015.
- Resolución 776 de 2008 [Ministerio de la protección social]. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano. 6 de marzo de 2008.
- Tirado V, García MA, Moreno J, Galeano-Toro LM, Lopera-Restrepo F, Franco-Chica A. (2000) Alteraciones neuropsicológicas por exposición ocupacional a vapores de mercurio en El Bagre (Antioquia, Colombia). *Rev Neurol.* 31: 712. <https://doi.org/10.33588/rn.3108.2000237>
- Trasande, L; Landrigan P y Schechter, C. (2005). Public health and economic consequences of methyl mercury toxicity to the developing brain. *Environ Health Perspect.* 113:590–596. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- Vélez-Torres, I., Vanegas, D., McLamore, E., Hurtado, D. (2018). Mercury Pollution and Artisanal Gold Mining in Alto Cauca, Colombia: Woman’s Perception of Health and Environmental Impacts. *Journal of Environment & Development*, 27(4), 415-444. doi: 10.1177/1070496518794796
- Vélez-Torres, Irene. (2012) “Water Grabbing in the Cauca Basin: The Capitalist Exploitation of Water and Dispossession of Afro-Descendant Communities.” *Water Alternatives* 5(2), 431-449
- Yoshimura, A., Suemasu, K. & Veiga, M.M. (2021). Estimation of Mercury Losses and Gold Production by Artisanal and Small Scale Gold Mining (ASGM). *Journal of Sustainable Metallurgy*, 7, 1045-1059. <https://doi.org/10.1007/s40831-021-00394-8>.

