



# LA EXPOSICIÓN AL MERCURIO DE LAS MUJERES EN CUATRO PAÍSES LATINOAMERICANOS PRODUCTORES DE ORO

Junio de 2021



# LA EXPOSICIÓN AL MERCURIO DE LAS MUJERES EN CUATRO PAÍSES LATINOAMERICANOS PRODUCTORES DE ORO

*Niveles elevados de mercurio hallados entre mujeres en lugares donde se utiliza mercurio en la extracción del oro, contaminando así la cadena alimenticia*

*Autor principal*

**Lee Bell**, Asesor en políticas sobre el mercurio de IPEN

**Dave Evers**, BRI, Director Ejecutivo, Director Científico y Co-Director del Centro de Estudios del Mercurio (Center for Mercury Studies)

**Mark Burton**, Autor colaborador, BRI

**JUNIO DE 2021**



**IPEN** (Red Internacional de Eliminación de Contaminantes) es una red de organizaciones no gubernamentales que trabajan en más de 100 países para reducir y eliminar los daños a la salud humana y al medio ambiente producidos por sustancias químicas tóxicas.

[www.ipen.org](http://www.ipen.org)



El **Instituto de Investigaciones en Biodiversidad** (Biodiversity Research Institute/BRI) es un grupo de investigación ecológica sin fines de lucro cuya misión es evaluar las amenazas emergentes a la naturaleza y los ecosistemas a través de la investigación colaborativa y de utilizar los hallazgos científicos tanto para promover la conciencia ambiental como para informar a los tomadores de decisiones. El BRI es un instituto internacional de vanguardia que apoya los esfuerzos globales por monitorear el mercurio para el Convenio de Minamata sobre el Mercurio.

[www.briloon.org](http://www.briloon.org)

ISBN: 978-1-955400-06-0

© 2021. Red Internacional de Eliminación de Contaminantes (International Pollutants Elimination Network). Todos los derechos reservados

Equipo de Producción de IPEN: Tim Warner, Betty Wahlund. Cover photos: Daniel Flores R.

Citar esta publicación de la siguiente manera:

Bell, L. y Evers, D. *La exposición al mercurio de las mujeres en cuatro países latinoamericanos productores de oro: niveles elevados de mercurio hallados entre mujeres en lugares donde se utiliza el mercurio en la extracción del oro, contaminando así la cadena alimenticia*. Red Internacional de Eliminación de Contaminantes (IPEN), junio de 2021.

## HALLAZGOS CLAVE

- De las 163<sup>1</sup> mujeres en edad reproductiva que participaron en este estudio, un 58.8% excedió el nivel umbral de 1 ppm establecido por la EPA de Estados Unidos, en el cual ya se pueden detectar efectos negativos en el feto y un 66.8% excedió el nivel de 0.58 ppm que es un nivel recientemente derivado en el cual los investigadores creen que pueden empezar a ocurrir efectos negativos.
- Las mujeres de los pueblos indígenas de Bolivia Eyiyo Quibo y Portachuelo tuvieron los niveles más elevados de mercurio en la cohorte evaluada en este estudio, con una media de 7.58 ppm  $\pm$  4.75 ppm (PF = peso fresco). Un 93.7% de las mujeres estudiadas, excedió el nivel umbral de 1 ppm y de 0.58 ppm propuestos para la medición del mercurio. Como se trataba de mujeres indígenas que no estaban involucradas en la extracción de oro y cuya alimentación se basa en pescado, queda claro que los niveles extremadamente elevados de mercurio surgen de consumir pescado contaminado del sistema del río Beni.
- Las mujeres del pueblo minero de Vila Nova en Brasil con actividades auríferas tuvieron un segundo lugar en los niveles medios de mercurio en el cabello de 2.98 ppm  $\pm$  3.37 ppm (PF). Las mujeres en el pueblo minero de El Callao en Venezuela con operaciones auríferas ocuparon el tercer lugar en los niveles medios de mercurio en el cabello de 1.1  $\pm$  1.09 ppm (PF). Las mujeres en el pueblo minero de Iquira con extracción aurífera sin mercurio tuvieron los niveles medios de mercurio en el cabello más bajos, de 0.25  $\pm$  0.15 ppm (PF).
- Muchas mujeres tuvieron niveles significativamente elevados, en donde un 43% de todas las participantes excedieron un nivel de 3 ppm, un 35% excedieron los 5 ppm y un 7% estuvieron por encima de los 10 ppm, dentro de este último rubro, las participantes en su mayoría pertenecían al grupo de Bolivia.
- Un número significativo de mujeres también tuvieron niveles elevados que no se podían atribuir a la exposición directa al mercurio en la minería, incluyendo amas de casa, comerciantes, oficinistas y enfermeras en pueblos mineros con operaciones auríferas. Todas estas mujeres consumen pescado local regularmente, sugiriendo que la exposición alimenticia a pescado contaminado con mercurio, puede ser responsable de la elevada carga corporal.
- A pesar de las prohibiciones nacionales sobre el uso del mercurio en la extracción del oro en algunos de los países estudiados, la práctica persiste y, a nivel regional, el mercurio, tanto histórico como actual, proveniente de actividades mineras contaminó al pescado.
- Las mujeres en las comunidades en las cuales concluyó el uso de mercurio en la minería desde hace unos años, reportaron algunos de los niveles más bajos de mercurio vistos en el programa de biomonitoreo global de IPEN.
- Las debilidades del Convenio de Minamata sobre el Mercurio continúan facilitando la comercialización global del mercurio y su desviación hacia la minería aurífera artesanal en pequeña escala (MAAPE), a pesar de las prohibiciones nacionales sobre esta práctica.
- Se necesitan modificaciones al Convenio que reduzcan de manera dramática los suministros globales y restrinjan los envíos tanto legales como ilegales de mercurio con destino a la MAAPE.

1 Se excluyó el resultado de una de las participantes con base en la lectura atípica de 181 ppm. Un nivel de este orden, por lo general, se asocia a la contaminación de la superficie externa del cabello con mercurio y requerirá una evaluación más profunda.

# CONTENIDOS

<b>Resumen ejecutivo.....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>9</b>
1.1 El biomonitoreo .....	10
1.2 La expansión del Programa de Monitoreo del Cabello de IPEN .....	13
La minería de oro artesanal y en pequeña escala .....	14
1.3 Los impactos sobre la salud de la exposición al mercurio debido a la MAAPE.....	17
1.4 Los impactos económicos de la carga corporal de mercurio .....	18
1.5 Se debe modificar el Convenio de Minamata para prohibir el uso del mercurio en la MAAPE .....	19
<b>2. Metodología.....</b>	<b>23</b>
2.1 El método de muestreo.....	23
2.1.1 El grupo blanco .....	23
2.1.2 La selección de las participantes.....	24
2.1.3 La revisión ética y la confidencialidad de las particip.....	25
2.1.4. El protocolo para la recolección de muestras.....	26
2.1.5. El análisis de la muestra – la medición del mercurio.....	26
2.1.6. La evaluación de los resultados.....	27
<b>3. Los lugares donde se tomaron las muestras .....</b>	<b>31</b>
3.1 Brasil – Vila Nova, Porto Grande, estado de Amapá .....	31
3.2 Venezuela – El Callao, Estado Bolívar .....	35
3.3 Colombia – Íquira, Departamento del Huila.....	39
3.4 Bolivia – Las comunidades indígenas de Eyiyo Quibo y Portachuelo: la cuenca del río Beni .....	43
<b>4. Los resultados del análisis de las muestras .....</b>	<b>47</b>
4.1 El análisis de las muestra de cabello .....	47
<b>5. Evaluación y discusión .....</b>	<b>49</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>55</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>58</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>59</b>



## RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio consiste en la más reciente recolección de datos en el programa de biomonitorio global del mercurio de IPEN. Con respecto a los estudios anteriores sobre el tema, IPEN trabajó con ONG en el campo para recolectar muestras de cabello de mujeres en edad reproductiva para analizar el mercurio total. En estudios anteriores de biomonitorio, IPEN había analizado muestras de cabello de mujeres en un rango de escenarios de exposición en diferentes países del mundo y encuestó a participantes sobre su consumo de pescado como parte de su alimentación, su ocupación y cualquier exposición conocida al mercurio. En este estudio, se buscó información sobre los niveles de la carga corporal de mercurio en poblaciones en Latinoamérica en las cuales prevalece la minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE).

Con base en la asesoría de organizaciones locales participantes en IPEN y ONG asociadas, se eligieron cuatro localidades, incluyendo los pueblos mineros de Vila Nova, en Brasil y El Callao, en Venezuela, en donde los mineros utilizan el mercurio para la amalgamación de partículas de oro de los minerales extraídos. Para propósitos de comparación, también se tomaron muestras en Íquira, Colombia, en donde los mineros de oro, organizados en una cooperativa, dejaron de utilizar mercurio por lo menos hace cinco años. También se investigó una cuarta región en torno al sistema del río Beni en Bolivia, en donde participaron dos grupos de mujeres indígenas del grupo étnico de Esse Ejja. El grupo de Portachuelo y el de

Eyiyo Quibo viven en comunidades asentadas a lo largo de la cuenca del río Beni separadas por una distancia de alrededor de 380 km. Los resultados de las mujeres bolivianas resultaron particularmente preocupantes: no estaban involucradas en la minería ni tenían ningún contacto con mercurio y dependían de una alimentación de subsistencia basada en el pescado. Esto sugiere que muchas más mujeres de esta región, cuya alimentación es rica en pescado, están en riesgo de quedar expuestas a altos niveles de mercurio a través de su alimentación.

La toma de muestras de cabello se realizó de manera idéntica en los cuatro sitios, por parte de ONG que utilizaron una metodología verificada y aprobada y un protocolo con bases científicas, para asegurar la comparabilidad de los resultados y minimizar la contaminación cruzada. Se enviaron las muestras de cabello al Instituto de Investigación sobre Biodiversidad (Biodiversity Research Institute/BRI) en Estados Unidos para su análisis y los resultados de las concentraciones de mercurio se reportaron en partes por millón (ppm) para efectos de comparación con el nivel de umbral establecido por la agencia EPA de Estados Unidos de 1 ppm. En el capítulo 2, se describen la metodología, el análisis y la comparación con niveles de referencia.

Actualmente, la actividad de la MAAPE basada en el uso de mercurio es la principal fuente de contaminación con mercurio a nivel mundial, representando un 38% de las emisiones antropogénicas del mundo y, en el año 2015, introdujo aproximadamente 1,220 toneladas de mercurio en ambientes terrestres y de agua potable (PNUMA, 2018). En algunos lugares en países latinoamericanos, existen datos limitados disponibles sobre el impacto del uso del mercurio sobre el medio ambiente, los ecosistemas y quienes los habitan. IPEN respondió a invitaciones de sus Organizaciones Participantes para conducir un estudio piloto de subpoblaciones sensibles en cuatro lugares. Se considera que las mujeres en edad reproductiva son un subgrupo particularmente sensible ya que el feto es especialmente susceptible a los impactos del mercurio, el cual actúa como una potente neurotoxina. Los resultados demuestran que las mujeres indígenas cuya alimentación depende del pescado para obtener proteína, así como un número significativo de mujeres en otras ocupaciones que viven en las proximidades de la actividad minera aurífera, tienen niveles elevados de mercurio. El análisis de los cuestionarios contestados por las mujeres participantes sugiere que la exposición alimenticia a través del pescado contaminado es la principal fuente de los niveles elevados de mercurio en las mujeres.

Entre la mayoría de las mujeres de Esse Ejja de la cuenca del río Beni en Bolivia que participaron en el estudio, se encontraron resultados preocupantemente elevados, los más altos de todas las participantes en este estu-

dio. Los niveles detectados fueron iguales a los niveles más altos detectados en estudios anteriores de IPEN o incluso los excedieron. El municipio de Vila Nova en Brasil registró los niveles promedio de mercurio más elevados entre todas las participantes, seguido por El Callao, en Venezuela. Los niveles promedio de mercurio en Íquirda, un municipio en el Departamento del Huila, en Colombia, resultaron muy bajos y esto se debe al hecho de que ninguna de las mujeres encuestadas consumía pescado y que desde hace años se había estado eliminando gradualmente el uso de mercurio en la minería de oro. Aunque siga presente la contaminación con mercurio de los ecosistemas locales producto de la minería históricamente asentada en el Departamento del Huila, el hecho de que las participantes no consuman pescado eliminó esta importante vía de exposición.



A pesar de las prohibiciones nacionales del uso del mercurio en algunos de estos países, el Convenio de Minamata sobre el Mercurio sigue permitiendo que se dé el comercio legal del mercurio a nivel mundial y no prohíbe el uso del mercurio en la MAAPE. Mientras no se enmiende el Convenio para eliminar estos puntos débiles, va a seguir el comercio legal e ilegal del mercurio para la MAAPE y seguirá aumentando el impacto sobre el medio ambiente y la salud humana.





# INTRODUCCIÓN

En el mes de octubre de 2013, se adoptó el Convenio de Minamata sobre el Mercurio (el Tratado sobre el Mercurio), el cual entró en vigor el 16 de Agosto de 2017, otorgándole el poder de ley internacional vinculante para las Partes que lo hayan ratificado. La creación del Tratado sobre el Mercurio sirve de recordatorio de que la comunidad mundial actualmente reconoce la contaminación con mercurio como una amenaza global a la salud humana, al sustento de las personas y al medio ambiente y que las partes se encuentran preparadas para comprometerse a actuar para reducir la exposición global al mercurio. La red IPEN estuvo íntimamente involucrada en las negociaciones que llevaron a la adopción del Convenio de Minamata, buscó fortalecer sus disposiciones en la medida de lo posible y dio apoyo e información a los delegados del Tratado para informarles sobre una amplia gama de cuestiones relacionadas con la contaminación con mercurio y la gravedad de la misma, cuestiones que se enfrentan globalmente, así como sus soluciones potenciales.

Desde que entró en vigor el Tratado sobre el Mercurio, la red IPEN ha participado activamente en las negociaciones continuas del Tratado en torno a asuntos técnicos relacionados con la implementación del Tratado y en la recopilación de datos para apoyar las actividades encaminadas a la reducción del mercurio. IPEN sigue realizando una gama de actividades relacionadas con la implementación del Tratado sobre el Mercurio, lanzando publicaciones y desarrollando campañas de concientización que incluyan el monitoreo y biomonitoreo del mercurio. Las partes firmantes del Tratado reconocen que se requieren datos específicos para establecer los valores de referencia de los niveles de contaminación con mercurio a nivel mundial, para que se pueda evaluar la efectividad de las medidas del Tratado a lo largo del tiempo. Las actividades de biomonitoreo son de crucial importancia para llenar las lagunas de datos sobre los impactos potenciales del mercurio, particularmente en países en desarrollo y en países con economías en transición.

Este estudio es el más reciente de una serie de estudios sobre la exposición al mercurio de mujeres en edad reproductiva efectuado de manera conjunta por IPEN y BRI. Se decidió generar datos provenientes del biomonitorio del mercurio en localidades en donde existían lagunas importantes de datos sobre la exposición de las mujeres al mercurio y donde se sospechaba que pudiera haber fuentes de contaminación con mercurio. De manera específica, se trata de sitios en países latinoamericanos en donde se realiza minería de oro en pequeña escala en la cual se usa mercurio<sup>1</sup>. Estudios previos realizados por IPEN y BRI han hallado que las mujeres que viven en lugares o regiones en donde se realiza minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE) muchas veces tienen una elevada carga corporal de mercurio producto del manejo de mercurio, de vivir en las proximidades de sitios donde se extrae oro con el uso de mercurio, o bien del hecho de que consuman pescado contaminado proveniente de lagos y ríos contaminados con mercurio procedente del procesamiento de oro. En este estudio, 163 mujeres de comunidades en Bolivia, Brasil, Venezuela y Colombia participaron como voluntarias para proporcionar muestras de cabello para analizar la concentración total de mercurio.

## 1.1 EL BIOMONITOREO

El biomonitorio del mercurio es un elemento importante de cualquier estrategia para evaluar, monitorear y reducir la contaminación global con mercurio y, a la vez, destacar los lugares críticos que puedan requerir atención urgente en caso de que los niveles de exposición sean elevados. Los datos globales sobre el biomonitorio del mercurio han sido fragmentados con muchas lagunas de datos, sobre todo de los países en desarrollo y los países con economías en transición. En respuesta a la necesidad de contar con mejores datos, IPEN ha desarrollado una colaboración importante con Instituto de Investigación sobre Biodiversidad (Biodiversity Research Institute/BRI), un grupo de investigación ecológica sin fines de lucro, con más de 25 años de experiencia en evaluar las amenazas emergentes a la naturaleza y los ecosistemas. BRI es líder a nivel mundial en la investigación ecológica relacionada con el monitoreo del mercurio y la toxicología y proporciona experiencia, conocimientos y asesoría a muchas partes del Tratado sobre el Mercurio. Este estudio se suma a una larga lista de locaciones en todo el mundo en donde IPEN y BRI han colaborado, con base en su experiencia y conocimientos, y a una amplia difusión a través de una red global de Organizaciones Participantes de IPEN (OP). Proyectos conjuntos previos han incluido el monitoreo del mercurio en mujeres en edad

---

<sup>1</sup> En este estudio se seleccionó un lugar en Colombia en donde históricamente se había realizado minería de oro utilizando mercurio para extraer el oro del mineral, pero donde actualmente se implementan métodos de extracción de oro libres de mercurio, con el fin de comparar la exposición al mercurio y la carga corporal de mujeres de zonas donde se sigue utilizando el mercurio para extraer el oro.



reproductiva en la región de Asia y el Pacífico, Pequeños Estados Insulares en Desarrollo, Europa Oriental, África y en muchos otros lugares. Se anticipa que en el futuro se expanda este estudio piloto sobre las locaciones latinoamericanas, para incluir un rango de locaciones nuevas.

Se van a agregar los resultados de las muestras de este estudio a la base de datos de cientos de muestras analizadas anteriormente por BRI en su laboratorio en Maine, Estados Unidos; muestras proporcionadas voluntariamente por mujeres preocupadas por la carga corporal de mercurio que tienen y por cualquier impacto potencial futuro sobre sus bebés nonatos. El mercurio es una neurotoxina potente a la que es altamente susceptible el feto y proporcionarles a las mujeres datos sobre la carga corporal de mercurio, las empodera para tomar decisiones informadas sobre cómo reducir su exposición al mercurio, para así proporcionarle una mejor protección a su salud.

En Latinoamérica, son las Organizaciones Participantes de IPEN, así como organizaciones de la sociedad civil, en cooperación con comunidades locales, quienes estuvieron a cargo de recolectar las muestras de cabello. Esta forma de monitoreo del mercurio puede actuar para impulsar el que los países ratifiquen e implementen el Tratado sobre el Mercurio and reduzcan la contaminación con mercurio y a la par establezcan un valor referente para observar cualquier futura reducción del mercurio entre las poblaciones como resultado de las medidas de reducción. Las partes

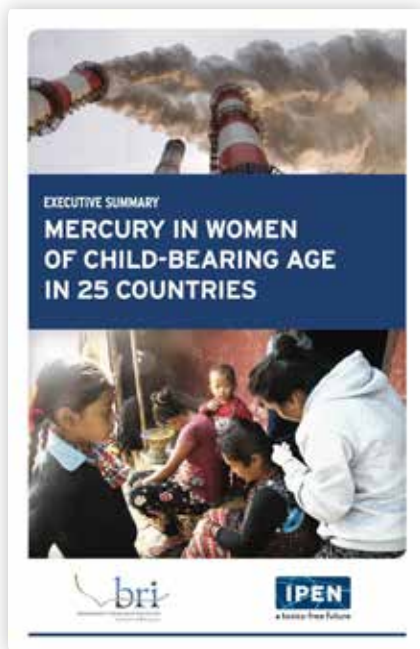
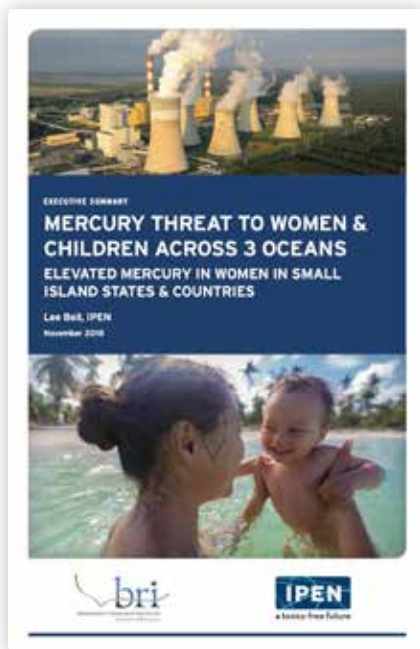
firmantes del Tratado sobre el Mercurio han acordado que se necesita generar datos del monitoreo del mercurio de todo el mundo, datos que se pueden utilizar para evaluar la efectividad del Tratado a lo largo del tiempo en reducir la contaminación con mercurio.

En 2014, IPEN lanzó el Programa de Actividades que Favorecen el Tratado Internacional sobre el Mercurio (IMEAP por sus siglas en inglés) con el objetivo de apoyar las preparaciones para que los países en desarrollo y los países con economías en transición puedan hacer una ratificación rápida y una implementación temprana del Tratado sobre el Mercurio. A través del IMEAP, IPEN concluyó exitosamente proyectos de investigación relacionados con el mercurio y actividades conexas en 29 países. A través de este proceso, las organizaciones afiliadas le comunicaron a IPEN la necesidad de realizar un biomonitoreo dirigido del mercurio, con el fin de llenar las grandes lagunas de información, para así aumentar la conciencia sobre el mercurio y promover la ratificación del Tratado sobre el Mercurio. En 2015, IPEN desarrolló un programa de biomonitoreo del mercurio, enfocándose en las subpoblaciones vulnerables identificadas en el preámbulo del Tratado sobre el Mercurio, así como en el artículo 16 (aspectos relacionados con la salud), artículo 18 (información pública, sensibilización y educación), artículo 19 (investigación, desarrollo y vigilancia), artículo 22 (evaluación de la eficacia) y el Anexo C – Minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE) y los Planes de Acción Nacional del Tratado (NAP por sus siglas en inglés). En muchos países en desarrollo y países en transición, faltan datos del biomonitoreo del mercurio con los cuales informar las decisiones relacionadas con las políticas y generar conciencia pública sobre los peligros de la exposición al mercurio.

IPEN, a través de su proyecto inicial de biomonitoreo del mercurio<sup>2</sup> con la colaboración del BRI, obtuvo una visión muy valiosa sobre lugares potenciales para realizar el monitoreo, mientras a la par se construyen capacidades dentro de su red para implementar un amplio rango de actividades de monitoreo. El equipo del proyecto de IPEN/BRI determina que existe la necesidad de generar datos sobre todo el mundo, con énfasis sobre la actividad minera en pequeña escala en Latinoamérica.

---

2 Evers, D. *et al.* (2014). Global mercury hotspots: New evidence reveals mercury contamination regularly exceeds health advisory levels in humans and fish worldwide. Biodiversity Research Institute. Portland, Maine. IPEN. Göteborg, Sweden. BRI-IPEN Science Communications Series 2014-34. 2 pages.



## 1.2 LA EXPANSIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO DEL CABELLO DE IPEN

En un estudio de 2015/16<sup>3</sup> (publicado en 2017), IPEN y BRI se asociaron con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para realizar el biomonitorio del mercurio de mujeres en edad reproductiva. El muestreo se realizó en cuatro Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID) y dos países que no pertenecen a la Cuenca del Pacífico. Posteriormente se combinaron datos de ese informe para los países de las Islas Cook, las Islas Marshall, Kiribati y Tuvalu con los del informe del muestreo mucho más extenso de IPEN-PEID de 2018<sup>4</sup>, ya que utilizaban metodologías y protocolos de muestreo idénticos, para proporcionar un panorama más completo de la situación de los PEID del Pacífico para compararlos con los PEID que no pertenecen a la Cuenca del Pacífico.

En el subsiguiente estudio global de IPEN/BRI, *Mercurio en mujeres de edad reproductiva en 25 países*, se agregaron las Islas de Salomón, Tonga y

3 Bell, L., (2017) Mercury Monitoring in Women of Child-Bearing Age in the Asia and the Pacific Region. A joint study by UN Environment, Biodiversity Research Institute and IPEN. April 2017. Berkeley, California.

4 Bell, L., (2018) Mercury Threat to Women and Children Across 3 Oceans. Elevated Mercury in Women in Small Island States and Countries. A joint study by Biodiversity Research Institute and IPEN. April 2017. Berkeley, California.

Vanuatu, Samoa y Fiyi a la base de datos del muestreo. Para todas las Islas del Pacífico, aumentaron significativamente los resultados del monitoreo del mercurio en el estudio de 2015/16 y un estudio global subsiguiente. Considerando la falta de fuentes locales de contaminación, este aumento se podría atribuir a la contaminación del pescado con mercurio, que es un componente clave de la alimentación isleña y la fuente predominante de proteína para cientos de miles de isleños del Pacífico. El principal hallazgo del estudio colaborativo entre IPEN, BRI y el PNUMA es que los habitantes de las Islas del Pacífico, enfrenan un grave problema de contaminación del pescado con mercurio, el cual constituye una parte importante de su alimentación. El problema podría tener ramificaciones importantes para los habitantes de las Islas del Pacífico, ya que prácticamente todos los habitantes evaluados excedían el nivel de umbral de 1 ppm para la contaminación del cabello con mercurio. Los resultados elevados de la mayoría de los PEID, en donde el pescado era parte de la alimentación básica, sugieren un problema generalizado de contaminación que puede tener efectos a nivel de la población que requieren de un monitoreo adicional y medidas de reducción.

Los resultados de los estudios tanto globales como de los PEID demuestran claramente que una alimentación rica en pescado (y, en algunos casos, que incluya mamíferos marinos, como las focas) es un camino directo y potente de exposición para que el metilmercurio se introduzca en el cuerpo humano y se eleve la carga corporal de mercurio. Sin embargo, aunque una alimentación rica en pescado contribuye significativamente a la carga corporal de mercurio, no es la única forma de exposición que pueda llevar a una elevada carga corporal de mercurio. Hoy en día, la minería aurífera artesanal y en pequeña escala es la fuente principal de liberación de mercurio a la atmósfera, la tierra y el agua en el mundo. El biomonitoreo de IPEN en comunidades MAAPE en el Sureste Asiático y África, hasta la fecha, ha registrado algunas de las cargas corporales de mercurio más altas entre el gran número de mujeres en edad reproductiva en nuestro programa de monitoreo. Los informes sobre la expansión de la actividad MAAPE en Latinoamérica, el aumento de la comercialización del suministro de mercurio a la región y la petición por parte de ONG locales de contar con datos actualizados del biomonitoreo llevaron a IPEN y a BRI a iniciar estudios piloto de muestreo en localidades relacionadas con la MAAPE en Bolivia, Colombia, Venezuela y Brasil. En futuros estudios, se podrán incluir más países de la región.

### ***La minería de oro artesanal y en pequeña escala***

Se estima que entre 14 y 19 millones de personas a nivel mundial practican la minería aurífera artesanal y en pequeña escala (Steckling *et al.*,



**Figura 1. Ejemplo de 'centro de procesamiento' para mineral de oro basado en la molienda de bolas en Indonesia. Foto: Lee Bell, IPEN**

2017). La mayoría de estas personas son mineros empobrecidos en estado de sobrevivencia, algunos de los cuales incluso se encuentran forzados a trabajar en sitios mineros rudimentarios con poca o nula medidas de seguridad ni equipo personal de protección dentro de un sistema en el cual a través de su trabajo deben de pagar deudas adquiridas con quienes se encuentran en los niveles más altos. Se utiliza ampliamente el mercurio para la extracción de pequeñas partículas de oro de los minerales o de concentrados de minerales y en ese contexto, la exposición al mercurio puede ser significativo. Se estima que esta práctica actualmente resulta en la liberación al medio ambiente de hasta 2,000 toneladas de mercurio al año (PNUMA, 2020).

Es probable que a la molienda de bolas, se le agregue mercurio (ver la Figura 1). La molienda de bolas consiste en hileras de contenedores de acero que rotan gracias a poleas conectadas con un pequeño motor. Adentro de esos contenedores, se encuentran bolas o rodillos de acero que sirven para moler y triturar las rocas para liberar las partículas de oro del mineral. A la molienda de bolas se le agrega mercurio, el cual se amalgama con partículas de oro. Cuando la molienda de bolas lleva varias horas

en funcionamiento, el mercurio y el oro amalgamados se separan de los desechos minerales que se encuentran en el interior de los contenedores y se les quema con un soplete para evaporar el mercurio y recuperar el oro. Muchas veces se añade mercurio cuando se está lavando oro, para así amalgamar las pequeñas partículas de oro del mineral. Los relaves o desechos del proceso se contaminan con mercurio y, en general, se tiran al medio ambiente en donde se evapora el mercurio como vapor y se esparce a través de la tierra hacia las vías fluviales.

En algunas locaciones, los relaves contaminados con mercurio se procesan a través de la cianuración para extraer el oro restante. Esto es particularmente peligroso, ya que los complejos de cianuro mercúrico que se generan a través de esta actividad son extremadamente tóxicos para la salud humana y el medio ambiente. Aunque el cianuro es una sustancia química tóxica, una cianuración cuidadosamente manejada sin el uso del mercurio, con equipo protector y tomando las precauciones necesarias es relativamente segura y el cianuro se descompone rápidamente al quedar expuesto a la atmósfera y no se acumula en el medio ambiente.

El uso del mercurio en la extracción del oro puede llevar a una variedad de escenarios de exposición. Los mineros que manejan el mercurio quedan expuestos a los vapores del mercurio, las cuales podrán ser inhalados. Los operadores de la molienda de bolas también están expuestos a los vapores. La intoxicación con vapores de mercurio, más que la ingesta a través de la alimentación, puede llevar a una condición conocida como intoxicación crónica con vapor de mercurio metálico (CMMVI), que causa impactos sobre la salud similares a otras formas de envenenamiento con mercurio (Steckling *et al.*, 2017). El manejo de los relaves de las molindas de bolas también pueden dejar residuos de mercurio en la ropa de los mineros, que pueden causarles exposiciones a sí mismos y a sus familias si regresan a sus hogares con la ropa contaminada. Los mineros muchas veces trabajan en áreas remotas y dependen de la naturaleza y el pescado para complementar sus alimentos. En aquellos sitios donde el mercurio proveniente de los desechos del procesamiento del oro se introduce en los cauces fluviales, los peces se contaminan con metilmercurio. Los mineros podrán quedar expuestos tanto a la inhalación de vapores de mercurio metálico como a la contaminación con metilmercurio alimenticio por consumir pescado contaminado (Junaidi *et al.* 2019). En algunos casos, se ha demostrado que hasta el arroz (Novirsa *et al.*, 2019) se puede contaminar con mercurio proveniente de actividades extractivas, sobre todo si se realiza el procesamiento en pueblos cercanos a los arrozales. Esto proporciona otra vía de exposición que permite que los mineros y sus familias acumulen mercurio.

Conforme progresivamente se va contaminando más el medio ambiente de los mineros con el mercurio que utilizan, va aumentando el poten-





cial de exposición al mercurio en forma de polvo, vapores y en su dieta. Cuando se agota el suministro de oro en un lugar específico, se abandonan los desechos de mercurio, creando el legado de un sitio contaminado que sigue representando una amenaza para la salud humana, impactando el medio ambiente local por décadas por venir.

### 1.3 LOS IMPACTOS SOBRE LA SALUD DE LA EXPOSICIÓN AL MERCURIO DEBIDO A LA MAAPE

El mercurio es una potente neurotoxina para los humanos y puede afectar el sistema nervioso central del feto en desarrollo meses después de la exposición de la madre. Los efectos dañinos que la madre puede transmitir al feto incluyen la discapacidad neurológica, pérdida de coeficiente intelectual y daño a los riñones y al sistema cardiovascular. Los síntomas de intoxicación incluyen temblores, insomnio, pérdida de la memoria, efectos neuromusculares, dolor de cabeza y disfunción cognitiva y motriz. A niveles altos de exposición al mercurio, esto puede llevar a daño cerebral, discapacidad intelectual, ceguera, convulsiones y la discapacidad del habla (Grandjean *et al.*, 1997; Murata *et al.*, 2004). La vía predominante de exposición a través de la cual el mercurio impacta la salud de los tra-

bajadores de la MAAPE es la inhalación de los vapores del mercurio que conduce a una intoxicación crónica por vapor de mercurio metálico (CM-MVI por sus siglas en inglés). Su salud también puede ser impactada por consumir alimentos locales contaminados con mercurio, como pescado y arroz (Feng *et al.*, 2008). En las actividades de la MAAPE, muchas veces se emplea a mujeres y en algunas locaciones las mujeres resultan más expuestas que los hombres al mercurio ya que los hombres se involucran en la extracción del mineral, mientras que es más probable que las mujeres procesen el mineral con mercurio.

Aunque las mujeres no estén involucradas en la MAAPE, puede que algún miembro de su familia sí lo esté, o bien que vivan cerca de una molienda de bolas, de alguna actividad de quemado de la amalgama, o sencillamente consuman pescado y arroz locales contaminados por la actividad de la MAAPE. Debido a la sensibilidad del feto a los impactos neurotóxicos del mercurio, IPEN toma muestras de cabello de voluntarias que son mujeres en edad reproductiva y que potencialmente podrían estar considerando tener un bebé. En tanto que son un subgrupo sensible de esta población local, la carga corporal del mercurio de las mujeres en esta cohorte es un indicador importante de los efectos potenciales del mercurio sobre las comunidades locales próximas a los sitios donde se extrae oro.

## 1.4 LOS IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA CARGA CORPORAL DE MERCURIO

Mientras que están bien documentados los impactos sobre la salud de los niveles elevados de mercurio en el cuerpo humano, un innovador estudio reciente<sup>5</sup> realizado por Trasande *et al.*, también calculó las pérdidas económicas atribuibles a la pérdida de productividad en aquellas poblaciones en donde los niveles de la carga corporal de mercurio exceden 1 ppm. El estudio analizó las muestras de cabello de mujeres de 15 países en desarrollo y en transición económica. Los resultados demostraron que un 61% de todos los participantes tenían concentraciones de mercurio en el cabello mayores de 1 ppm. Con base en una relación lineal entre la dosis y la respuesta y suponiendo una disminución del coeficiente intelectual de 0.18 puntos por parte por millón (ppm) de aumento de las concentraciones de mercurio en el cabello, se desarrolló un estimado de la pérdida de productividad. Se utilizaron estos datos para estimar los aumentos en la discapacidad intelectual y la pérdida de años de vida ajustados por disca-

5 Trasande L, DiGangi J, Evers D, Petrlik J, Buck D, Samanek J, Beeler B, Turnquist MA, Regan K (2016) Economic implications of mercury exposure in the context of the global mercury treaty: hair mercury levels and estimated lost economic productivity in selected developing countries, *Journal of Environmental Management* 183:229 - 235, doi: 10.1016/j.jenvman.2016.08.058 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27594689>

pacidad<sup>6</sup> (AVAD). Se estimó una pérdida de productividad económica de un total de \$77.4 millones de dólares americanos, suponiendo un nivel de referencia de 1 ppm y de \$130 millones si no se utiliza el nivel de referencia. Para muchos de los 21 países identificados en el informe, es de importancia crítica abordar los problemas de salud humana identificados a través del proceso de muestreo, aunque el estudio de Trasande *et al.* señala profundos impactos económicos debidos a la contaminación con mercurio que cargarán aquellos países con una menor capacidad para lidiar con la fuente de la contaminación con mercurio y para enfrentar los costos que esto implica. Por lo tanto, es importante considerar la gama completa de impactos de la contaminación con mercurio en términos de la salud humana, la carga económica y la integridad ecológica.

También se ha estimado (Steckling *et al.*, 2017) que a escala global, entre 3.3 y 6.5 millones de mineros sufren de una moderada intoxicación crónica por vapor de mercurio metálico. Se estima que la carga de esta enfermedad en términos de años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) cae en un rango entre 1.22 y 2.39 millones de AVAD. Esto hace que la intoxicación con mercurio sea tanto un problema primordial de la salud pública global como una carga económica.

## 1.5 SE DEBE MODIFICAR EL CONVENIO DE MINAMATA PARA PROHIBIR EL USO DEL MERCURIO EN LA MAAPE

El texto del Convenio de Minamata se negoció a lo largo de varios años entre muchas partes y como tal representa un producto de negociaciones. Esto llevó a un número de debilidades en el convenio que obstaculizan su capacidad para reducir rápidamente la contaminación global mercurio. Se combinan tres debilidades centrales para permitir que persista la comercialización del mercurio para su uso en la MAAPE.

1. Se permite la comercialización del mercurio en el mercado internacional de mercancías para un ‘uso permitido’ bajo el artículo 3 del Convenio. Los usos permitidos incluyen las amalgamas dentales, la investigación en laboratorio y algunos otros productos y procesos que requieren el uso de mercurio en casos donde no hay alternativas disponibles. Algunos de estos procesos, como las plantas productoras de cloro-álcali (a ser eliminadas gradualmente hasta el año 2025), la producción de acetaldehído (a ser eliminada gradualmente hasta el año 2028) y las plantas de monómero de cloruro de vinilo, utilizan grandes cantidades de mercurio. Las partes pueden extender las fechas de la eliminación gradual por cinco años por exención, con la op-

6 AVAD es una medición de los años de vida perdidos debido a una muerte prematura, además de los años perdidos debido a una discapacidad severa.

ción de obtener una extensión adicional de cinco años. En la práctica, esto permite que, a nivel internacional, se comercialicen legalmente grandes flujos de mercurio por otra década y entorpece la tarea de los agentes aduaneros de identificar los envíos ilegales del mercurio para el uso de la MAAPE, ya que los envíos muchas veces se etiquetan para un ‘uso permitido’ como para las amalgamas dentales.

2. Bajo el artículo 5, a una parte específica se le puede permitir la minería primaria del mercurio efectuada en minas de cinabrio por hasta 15 años a partir de la fecha de entrada en vigor del Convenio. No se pueden abrir minas nuevas, pero las minas existentes pueden seguir operando a lo largo de este periodo (y posiblemente se les extienda su tiempo de operación a través de una exención). Esto permite que se comercialicen nuevos suministros primarios de mercurio en el mercado internacional de mercancías. Aunque sólo se permite que se utilice el mercurio proveniente de esta fuente en la manufactura de productos con mercurio añadido, según el artículo 4 del Convenio y en los procesos de manufactura que se enumeran en el artículo 5 del Convenio, se pueden etiquetar los envíos para un uso final falso y redirigirlos a la MAAPE.
3. Aunque se ‘permite’ el uso de mercurio para la MAAPE, cada país con una actividad significativa de MAAPE debe desarrollar un Plan Nacional de Acción (PNA) para reducir el uso de mercurio en este sector. Mientras que muchos países pueden a nivel nacional disponer que el uso de mercurio en la MAAPE es ilegal, el Convenio no lo dispone. A nivel internacional, esto envía el mensaje de que el uso del mercurio en la MAAPE se tolera porque supuestamente proporciona el sustento de millones de personas involucradas en esta actividad. Si el Convenio prohíbe el uso del mercurio en MAAPE, entonces las partes del Convenio podrían tomar acciones más fuertes y efectivas para implementar la prohibición.

Estos tres factores se combinan para permitir el suministro tanto ilegal como legal de mercurio para el sector de la MAAPE. Si el comercio global del mercurio fuera ilegal, se reduciría drásticamente el suministro de mercurio, el precio del mercurio disponible muy probablemente se incrementaría más allá de la capacidad de los mineros de la MAAPE de utilizarlo y sería mucho más fácil de detectar los envíos ilegales ya que no sería tan fácil ocultarlos bajo la fachada de ‘usos permisibles’ ni podrían cruzar las fronteras internacionales tan fácilmente. En los países que tienen una

necesidad nacional legítima de contar con mercurio, se le podría obtener a través de la recuperación/el reciclado de mercurio que ya se encuentra en circulación dentro del país en productos o procesos destinados a la eliminación gradual. Aunque Estados Unidos y la Unión Europea han prohibido las exportaciones de mercurio, es necesario que todos los países adopten las prohibiciones de las exportaciones e importaciones<sup>7</sup>, para poder tener un efecto decisivo sobre su uso en la MAAPE.

Seguir permitiendo el uso continuo de la actividad minera que utiliza mercurio primario, sencillamente le inyecta un mayor volumen de mercurio al mercado global de mercancías, mercurio que termina desviándose a las actividades de la MAAPE. A los países se les debería requerir que se enfoquen, a nivel nacional, en la recuperación del mercurio de una reserva creciente de productos caducados, de procesos de eliminación gradual y de tratamiento de desechos de mercurio provenientes del sector del petróleo y la gasolina y de otras fuentes disponibles para cualquier uso esencial del mercurio. El aumento de los precios del mercurio nacional, aceleraría la sustitución del mercurio en la mayoría de los productos y procesos.

---

7 Se deberían de aplicar exenciones específicas a los países que importan mercurio y desechos de mercurio, para su tratamiento ambientalmente racional y su eliminación final, cuando el país exportador no cuente con la infraestructura ni la capacidad para manejar el mercurio de manera segura.



## 2. METODOLOGÍA

Al estarse preparando para la implementación de este proyecto, IPEN y BRI adaptaron una metodología basada en el marco para el muestreo de cabello previamente desarrollado por IPEN, BRI y el PNUMA en un proyecto de biomonitorio del mercurio implementado en el año 2016 para la Región de Asia y el Pacífico<sup>8</sup> y para un estudio mucho más extensivo de IPEN/BRI sobre el monitoreo global del cabello realizado en el año 2017.<sup>9</sup> La metodología toma en cuenta los protocolos para el muestreo del cabello humano científicamente racionales y reconocidos, incluyendo cuestiones tanto técnicas como prácticas, así como una revisión ética por parte de la Junta de Revisión Institucional de la Universidad del Sur de Maine en Portland, Estados Unidos. La metodología abarca el método utilizado para el muestreo, la recopilación de datos, las mediciones del mercurio, el almacenado y envío de muestras, así como la evaluación de los resultados y la retroalimentación a los participantes.

### 2.1 EL MÉTODO DE MUESTREO

#### 2.1.1 El grupo blanco

Este proyecto se enfoca en el grupo de la subpoblación vulnerable de mujeres en edad reproductiva en comunidades latinoamericanas impactadas por las actividades de la MAAPE. La definición de lo que es la ‘edad reproductiva’ difiere en cierta medida entre varias instituciones. Debido a las limitaciones impuestas por el gobierno federal de Estados Unidos sobre la toma de muestras de material biológico de menores, los estudios realizados por investigaciones de Estados Unidos utilizan el rango de

---

8 Bell, L. (2017) Mercury Monitoring in Women of Child-Bearing Age in the Asia and the Pacific Region. A joint study by UN Environment, Biodiversity Research Institute and IPEN. April 2017. Berkeley, California.

9 Bell, L., *et al.* (2017) Mercury in Women of Child-bearing Age in 25 Countries. A joint study Biodiversity Research Institute and IPEN. November 2017. Berkeley, California.

edades entre los 18 y los 44 años. Para este proyecto, el grupo blanco del muestreo son las mujeres en edad reproductiva entre los 18 y los 44 años, ya que permitiría la comparación con otros estudios utilizando este rango de edad, cumpliendo así con los requisitos legales del laboratorio del BRI ubicado en Estados Unidos. Los impactos específicos al género que tienen los contaminantes tóxicos sobre las mujeres, cada vez más se reconocen como una prioridad global para la investigación y la rehabilitación. IPEN y el Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente anunciaron el establecimiento de una asociación<sup>10</sup> en torno a ese tema en la Tercera Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente efectuada en Nairobi, Kenia. Este estudio busca promover la información sobre los impactos del mercurio sobre las mujeres.

### ***2.1.2 La selección de las participantes***

Se seleccionó a las participantes con base en los siguientes criterios: (1) su edad (18 - 44 años); (2) disposición para participar; y (3) tener suficiente cabello para proporcionar una muestra para el análisis. Las Organizaciones Participantes (OP) de IPEN y organizaciones no afiliadas de la sociedad civil (OSC) identificaron y reunieron a los participantes de cada locación para administrar los formularios de consentimiento y los cuestionarios y realizar la toma de muestras de cabello siguiendo los protocolos estipulados. Las OP y las OSC reunieron muestras de manera científicamente racional que es consistente con los estándares reconocidos para la recolección de cabello humano para el monitoreo del mercurio<sup>11</sup>. Todo estos protocolos se desarrollaron con la metodología estandarizada y los protocolos desarrollados por BRI e IPEN para garantizar la consistencia y la comparabilidad entre este estudio y estudios de monitoreo del mercurio en el cabello realizados anteriormente por IPEN y BRI. La elección de las locaciones en donde se tomaron las muestras se basó en la asesoría de las OP y las OSC locales, que consideraron cuestiones de acceso, las sensibilidades culturales, los tiempos y enfoques cooperativos con las comunidades locales y organizaciones de la sociedad civil que apoyaron la toma de muestras.

---

10 La declaración completa sobre la asociación entre las mujeres y las sustancias químicas está disponible en <https://ipen.org/documents/statement-partnership-between-ipen-and-unep-focus-women-and-chemicals>

11 United Nations Environment Programme and the World Health Organization (UNEP/WHO), (2008) Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure.



### **2.1.3 La revisión ética y la confidencialidad de las particip**

Antes de implementar este proyecto de muestreo, la Junta de Revisión Institucional de la Universidad del Sur de Maine en Estados Unidos, revisó y aprobó la metodología general, para asegurar que cumpliera con los estándares contemporáneos para la implementación ética de estudios que involucran a sujetos humanos. El protocolo de recolección de muestras incorporó los documentos y procedimientos consistentes con esta aprobación ética. A las participantes, se les pidió que firmaran un formulario de consentimiento si estaban dispuestas a permitir que se recolectara una muestra de cabello para su análisis.

Un representante de la Organización Participante de IPEN o de la OSC involucrada procedía a administrarles un cuestionario; el representante se apoyaba en un voluntario local que hablara la lengua nativa de las participantes para asegurar que entendieran el proceso y que los cuestionarios recopilaran información precisa. Cuando el inglés no era un idioma adecuado, a las participantes se les entregaba una traducción de la documentación relevante, incluyendo los formatos de liberación de responsabilidades, los cuestionarios y los resultados de las muestras. A cada participante individual se le otorgó el derecho a la confidencialidad a menos que de manera voluntaria hubiera decidido firmar un documento renunciando a ese derecho. Se implementaron varios controles para proteger la confidencialidad de las participantes.

Los datos relacionados con el proyecto se presentaron en un análisis agregado que no permite la identificación pública de las participantes individuales. Cada muestra de cabello enviada a los laboratorios de BRI se etiquetó con un código de identificación de la muestra individual y el código de la localidad en el país, para que BRI no tuviera acceso a la identidad de las participantes individuales en la toma de muestras. El mismo código de identificación se coloca en la portada de cada cuestionario ya llenado, permitiendo que los datos de los cuestionarios informen a la interpretación del análisis de la muestra por parte de IPEN sin comprometer la confidencialidad. La OP o la OSC que haya tomado la muestra guarda la lista maestra en la que se vincula el código de identificación con el nombre de la participante, para permitir que a la participante individual se le proporcione retroalimentación contextual, relacionada con la salud, junto con los resultados del análisis de su muestra individual de cabello para detectar las concentraciones de mercurio total. Una vez que se generan los datos de la muestra de la participante y se les comunica a la participante, la persona tiene el derecho de liberar esa información e identificarse públicamente si así lo elige. Esto es consistente con el derecho que tiene la persona individual de conocer la información sobre su salud personal y que se difunda si así lo desea.

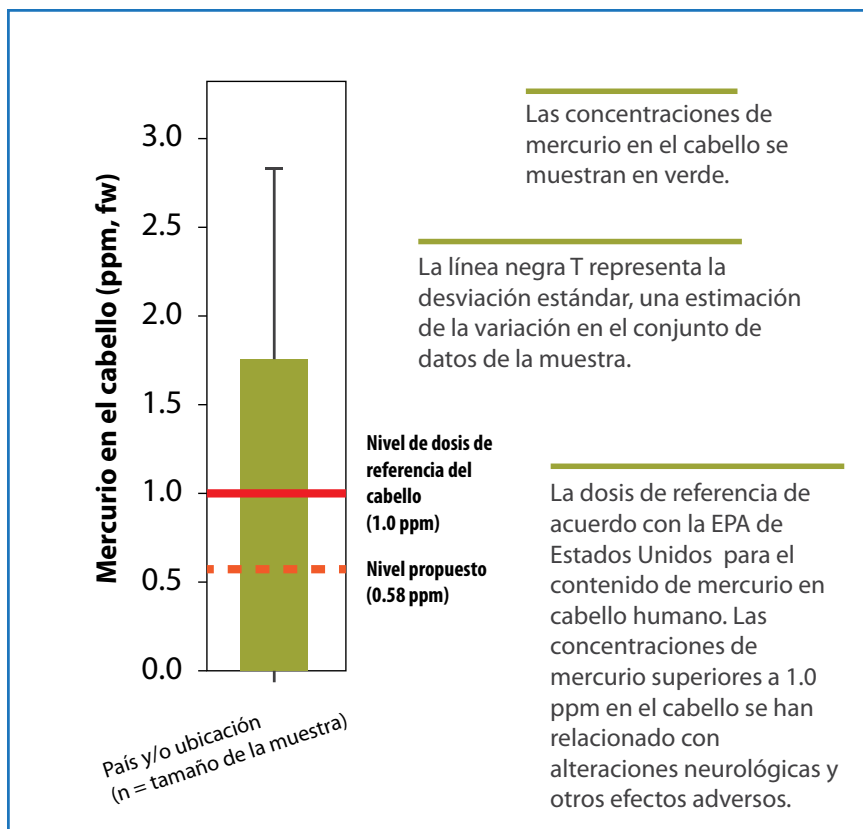
### ***2.1.4. El protocolo para la recolección de muestras***

A todas las OP y las OSC a quienes se les encomendó la coordinación de la recolección de las muestras, se les proporcionaron los protocolos detallados para la recolección, empaqueo y envío para garantizar que sea mínima la contaminación cruzada y estandarizar la recolección de muestras para propósitos de análisis comparativo. Antes de la toma de las muestras, se invitó a la participante a firmar el formulario de consentimiento. Si la participante se rehusara a firmar, no se tomaba la muestra. Una vez que la participante firmó el formulario de consentimiento, la persona que recoge la muestra, le administra el cuestionario.

Después de llenar la documentación, la persona que recoge la muestra, se ponía un par de guantes de nitrilo para examen médico (para la recolección y el manejo de cada muestra), usaba una toallita con alcohol para limpiar las cuchillas de las tijeras de acero inoxidable que iban a utilizar para cortar la muestra de cabello. Se obtuvieron las muestras de cabello a través de cortar un pequeño mechón de cabello de aproximadamente entre 8 y 10 cm de largo y el grosor de un lápiz (unos 30 cabellos) de la región occipital del cráneo, lo más cerca posible al cuero cabelludo. Se procedió a asegurar la muestra de cabello con una pequeña etiqueta auto-adhesiva, marcada con una flecha que indicara en que dirección se encontraba el cuero cabelludo y dejando entre 3 y 4 cm de cabello sobresaliendo de la etiqueta.

### ***2.1.5. El análisis de la muestra - la medición del mercurio***

Una vez que las muestras quedaban correctamente etiquetadas y empacadas, se les enviaba a través de algún servicio de mensajería junto con una hoja de datos que enumera cada muestra de origen y el código de identificación de cada muestra. Tan pronto como los envíos llegaban a los Estados Unidos, se analizaban las muestras de cabello para identificar el mercurio total en el laboratorio de investigación sobre el mercurio del BRI (Wildlife Mercury Research Laboratory) siguiendo el método 7473 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), utilizando una espectroscopía de absorción atómica con amalgama de oro posterior a la desorción térmica de la muestra utilizando un analizador Milestone DMA-80. En cada uno de los dos detectores celulares se usan un blanco y dos estándares de calibración (DORM-3 y DOLT-4). Inmediatamente posterior a la calibración, se evaluó la respuesta del instrumento y después de cada 20 muestras y al final de cada serie analítica se procedió también a hacer una evaluación a través de realizar dos revisiones de los materiales de referencia certificados y una revisión del blanco. El límite



**Figura 2. Interpretación del cuadro de concentración de mercurio en el cabello.**

de detección del instrumento es de aproximadamente 0.050 ng. Se puede utilizar un lavado de acetona de las muestras de cabello seguido por un enjuague con agua milli-Q, para retirar la contaminación externa, como la de productos para el cuidado del cabello. Se registran los resultados del mercurio total de cada muestra en partes por millón (ppm) en cuadros organizados por locación.

### 2.1.6. La evaluación de los resultados

La interpretación de los resultados de las muestras se basó en la comparación de los datos generados de las muestras de campo con un nivel de referencia de 1 ppm (partes por millón), que aproximadamente se equipara a la dosis de referencia del EPA de los Estados Unidos para el mercurio

en el cabello humano<sup>12</sup>. Las concentraciones de mercurio por encima de 1 ppm en el cabello se han relacionado con discapacidades neurológicas en adultos<sup>13,14</sup>. Estos datos ayudarán a determinar las concentraciones de contaminantes en los sujetos participantes y potencialmente identificar las regiones que requieren una investigación más intensiva. Además, los avances recientes en el estudio de los impactos del mercurio sobre el feto en desarrollo, sugieren que los niveles de la carga corporal de mercurio en las mujeres en edad reproductiva, medidas en las concentraciones del mercurio total (THg) en el cabello, por encima de 0.58 ppm pueden tener impactos sutiles pero problemáticos sobre el desarrollo cognitivo del bebé nonato<sup>15</sup>. Por esta razón, IPEN ha aplicado el nivel 'propuesto' adicional de 0.58 ppm contra los resultados reportados de la toma de muestras, para evaluar los niveles relativos de los grupos estudiados. Un número de científicos con experiencia y conocimientos en este campo han propuesto que se reemplace el nivel de umbral de la EPA de Estados Unidos, que actualmente es de 1 ppm, por un nivel de 0.58 ppm.

---

12 US EPA (1997) Mercury study report to Congress, Volume IV, An assessment of exposure to mercury in the United States. EPA-452/R-97-006

13 Yokoo, E.M., Valente, J.G., Grattan, L., Schmidt, S.L., Platt, I. and Silbergeld E.K. (2003) Low level methylmercury exposure affects neuropsychological function in adults. *Environmental Health* 2(1):8.

14 Karagas, M., Choi, A.L., Oken, E., Horvart, M., Schoeny, R., Kamai, E., Grandjean, P., and Korrick, S. (2012) Evidence on the human health effects of low-level methylmercury exposure. *Environmental Health Perspectives*, 120: 799-806

15 Grandjean P, Pichery C, Bellanger M, Budtz-Jørgensen E (2012) Calculation of Mercury's effect on Neurodevelopment. *Environ Health Perspect*. 2012 December; 120(12).





## 3. LOS LUGARES DONDE SE TOMARON LAS MUESTRAS

La elección de localidades para buscar participantes para la toma de muestras de cabello para detectar mercurio en Latinoamérica se basó en la asesoría de las OP locales de IPEN y las organizaciones no afiliadas de la sociedad civil que trabajan en campo de la salud comunitaria y de las mujeres y/o en desarrollo sostenible. En las cuatro localidades hubo conexiones entre las participantes y la actividad de la MAAPE local. La localidad en Colombia fue de alguna manera excepcional, ya que los mineros y sus familias estaban utilizando técnicas más avanzadas libres de mercurio para la extracción del oro aunque previamente habían utilizado técnicas basadas en el uso de mercurio. Se incluyeron los datos de esta localidad para evaluar si las técnicas libres de mercurio tienen beneficios de salud o si se reduce la carga corporal del mercurio involucrada/alcanzada/asociada con transitar hacia el uso de técnicas libres de mercurio. En Bolivia, las mujeres no están directamente involucradas en la minería de oro, pero están rodeadas de mineros informales, incluyendo mineros chinos, colombianos y brasileños así como bolivianos.<sup>16</sup>

### 3.1 BRASIL - VILA NOVA, PORTO GRANDE, ESTADO DE AMAPÁ

Desde la década de los años treinta, ha dado la minería de oro en el norte brasileño, en el estado de Amapá, inicialmente en manos de buscadores de oro locales y en décadas recientes de grandes compañías mineras de oro de escala industrial. Desde la introducción de la minería industrial en muchas áreas, se han dado ciclos de conflicto y cooperación entre los mineros

16 <https://www.noticiasfides.com/economia/armada-confisca-dragas-chinas-que-operaban-de-manera-irregular-en-cachueta-esperanza-393365>  
[https://elpais.bo/nacional/20190620\\_armada-boliviana-secuestra-draga-colombiana-que-pretendia-operar-en-rio-beni.html](https://elpais.bo/nacional/20190620_armada-boliviana-secuestra-draga-colombiana-que-pretendia-operar-en-rio-beni.html)



Figura 3. La locación en Vila Nova



Source: Brazilian Geological Service (CPRM)

Figura 4. En muchos estados de Brasil, la minería ilegal coexiste con la minería legal.



de oro en pequeña escala y las operaciones industriales. La Constitución de Brasil y diversos estatutos que han regido esta actividad, permiten la minería artesanal. A pesar de que el gobierno está a cargo de otorgar la licencia para realizar esta actividad, siguen existiendo muchas operaciones ilegales, algunas incluso con el involucramiento del crimen organizado. En 2008, se promulgó el Estatuto de la Minería Artesanal, la ley 11.685 que le otorga el derecho a los mineros artesanales de trabajar con desechos industriales, y formar cooperativas y otros modos de empleo (grupos familiares, sociedades, etcétera).

Vila Nova, en el estado de Amapá, es tanto el nombre que designa a una amplia localidad con una gran riqueza mineral (el polígono oscuro en la figura 4), como el nombre de un pueblo local en donde se comercializa el oro y otros suministros obtenidos por los mineros (la línea de puntos azules en la figura 3). El pueblito está a unos 20km en línea directa al sur de la carretera principal “Perimetral Norte”, también conocida como la carretera BR-210. Un camino de tierra que parte de la locación se junta con la carretera BR-210 en otro pueblito conocido como Cupixi, cuya existencia también se debe a la MAAPE. La locación se encuentra en el interior de una selva densa e incluye estrechos valles fluviales y pantanos con selva baja y densa.

Dentro de la localidad, se dan la minería de oro industrial, la minería aurífera artesanal legal en manos de cooperativas y la minería ilegal, lo cual genera tensiones entre estos grupos que compiten entre sí. Los mineros ilegales a menudo son muy diferentes de los mineros artesanales tradicionales, en tanto que están conectados con grupos armados y/o el crimen organizado o están bajo el control de los mismos. Los mineros ilegales operan fuera de la ley, utilizan prácticas prohibidas (como el uso de maquinaria pesada) y se ubican en áreas protegidas. En el pueblo de Vila Nova, muchos mineros artesanales, conocidos como ‘garimpeiros’ operan bajo la cooperativa de mineros COOPGAVIN o Garimpo do Gaivota (Fig. 5), la cual también incluye a mujeres mineras. El conflicto con los mineros ilegales es un peligro operativo para muchos mineros artesanales con licencia y, no obstante, siguen extrayendo y procesando oro. El oro se extrae a través de la pozos de extracción, el dragado de ríos y prospección aluvionar en la ribera de ríos.

El mercurio se utiliza ampliamente para la amalgamación de oro con base en el mineral concentrado y potencialmente puede afectar a las mujeres involucradas en la minería artesanal y contaminar el medio ambiente local. A su vez, las mujeres que no están involucradas en la minería pueden presentar niveles elevados de mercurio como resultado de consumir pescado contaminado de los afluentes locales del río Araguari, como el río Amapari, el cual puede estar contaminado con mercurio proveniente



**Figura 5. Impactos ambientales de la minería de oro ilegal - Estado de Amapá - 2017. Foto: Daniel Beltra/Greenpeace**



**Figura 6. Participante proporcionando una muestra de cabello en Vila Nova para analizar su contenido de mercurio.**

de la minería. En las áreas de la jungla densamente arboladas donde se efectúa la extracción, es común la degradación ambiental. La mayoría de los mineros utiliza el mercurio para la amalgamación del oro basada en técnicas rudimentarias, incluyendo el lavado, la explotación de placeres y la molienda de bolas y posteriormente, la aplicación del soplete a la amalgama de oro/mercurio para extraer oro. La contaminación ambiental directa producto de la actividad de la MAAPE en Vila Nova, se combina con la contaminación con mercurio río arriba (debido a la actividad de la MAAPE y a algunas liberaciones naturales debidas a la erosión) que contamina especies de peces locales que constituyen parte de la proteína básica consumida por mineros y habitantes locales.

Un estudio recientemente publicado (Hacon *et al.*, 2020) confirma que los peces rivereños del interior en el estado de Amapá están más contaminados con mercurio que los peces rivereños de la costa y que los peces carnívoros tienen los niveles más elevados de mercurio. El estudio halló que todos las 428 pescados a los que se les tomó muestras, tenían niveles medibles de mercurio y que un 28.7% de ellos excedían el umbral de mercurio establecido por la OMS de 0.5 µg/g para el consumo humano. También se informó que un 77.6% de los peces carnívoros, que son el tipo de pescado que prefieren los consumidores en la región de Vila Nova, excedían el umbral de la OMS con una concentración promedio de 0.4 µg/g y un rango de 0.008-2.1 µg/g.

Las mujeres de Vila Nova que fueron voluntarias para dar muestras de cabello para este estudio, incluyen habitantes que viven a lo largo del río que se encuentra cerca del poblado, algunas son del pueblo mismo y otras viven un estilo de vida de subsistencia basado en la extracción de alimentos de la selva y de la pesca en el río.

Todas las mujeres en y alrededor del pueblo de Vila Nova reportaron llevar una alimentación que incluye el consumo de pescado local por lo menos una vez a la semana; aproximadamente un 10% de ellas consume pescado todos los días. Se reportaron elevados niveles de mercurio en mujeres con niveles más altos de consumo de pescado.

### 3.2 VENEZUELA - EL CALLAO, ESTADO BOLÍVAR

La ciudad de El Callao se localiza en el noroeste del “Estado Bolívar” y es predominantemente una zona minera aurífera con minería industrial en las inmediaciones, así como un centro de comercialización de la MAAPE. La población oficial es de alrededor de 20,000 habitantes, pero se ha informado que es probable que la población se quintuple en diferentes momentos debido a la actividad minera.



MANU QUINTERO

**Figura 7. La amalgama de oro y mercurio de la extracción en El Callao.**

Foto: Manu Quintero, BBC News



MANU QUINTERO

**Figura 8. Minero en El Callao con mineral de oro del pozo de la mina.**

Foto: Manu Quintero, BBC News



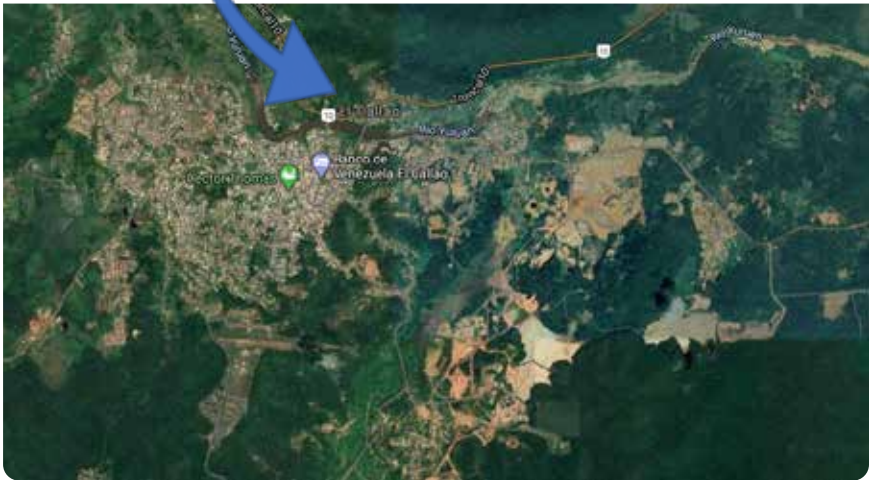
MANU QUINTERO

**Figura 9. Pozo de una mina de la MAAPE en El Callao.** Fuente: Manu Quintero, BBC News



MANU QUINTERO

**Figura 10. Patrulla militar en El Callao.** Fuente: Manu Quintero, BBC News



La pequeña ciudad está rodeada de una selva montañosa frondosa y se localiza en una de las áreas con una mayor riqueza mineral en Latinoamérica. Se utiliza tanto oro como dinero en efectivo para la comercialización de alimentos y provisiones, los cuales abundan y son relativamente económicos en comparación con otras partes del país. La MAAPE cercana a El Callao muchas veces involucre excavaciones profundas y trabajar en galerías de un 1 metro de alto, con gran humedad y mala ventilación. Es común que se reporten accidentes.

Se trata de un área de importancia estratégica para el gobierno venezolano que está buscando una alternativa al hundimiento de los precios del

petróleo. Se designó la región del *Arco Minero del Orinoco* (AMO) como zona nacional de desarrollo estratégico constituida por 111,846 kilómetros cuadrados, representando un 12% de la superficie del país y se calcula que tiene unas 7,000 toneladas de reservas de oro. Tan solo en 2018, se reportó que el Banco Central de Venezuela había recibido 9 toneladas de oro de la región del AMO. La importancia de la región es tal que el gobierno ha ordenado que los militares regulen la zona, imponiendo retenes en las carreteras clave.

Social y económicamente, el hecho de que se enfoque la atención en el oro existente en esta área, ha generado conflicto entre bandas armadas, los militares y los mineros. Grupos exguerrilleros, incluyendo organizaciones transfronterizas, también están involucrados en las actividades de la minería de oro y en la violencia. Además, se afirma que los militares de Venezuela también están involucrados en la comercialización del oro y el control de los mineros en ciertas áreas. Las bandas armadas conocidas como ‘sindicatos’ les proporcionan ‘protección’ armada a los mineros, aunque también exigen el pago de este servicio y ‘rentas’ por operar en diversas locaciones, independientemente de que se les haya solicitado o no (International Crisis Group, 2019). Se cree que controlan gran parte de la actividad de la MAAPE y el contrabando de oro y que simultáneamente oprimen a las poblaciones locales con ataques violentos contra quienes sean acusados de robo u otros delitos (Marco, 2018). Los conflictos entre los supuestos ‘sindicatos mineros’, los mineros y los militares, han cobrado muchas vidas (International Crisis Group, 2019) en un municipio en el cual es común la violencia y en donde, según el Observatorio Venezolano de Violencia (OVV), tuvo la tasa de homicidios más elevada del país en 2017 y 2018.

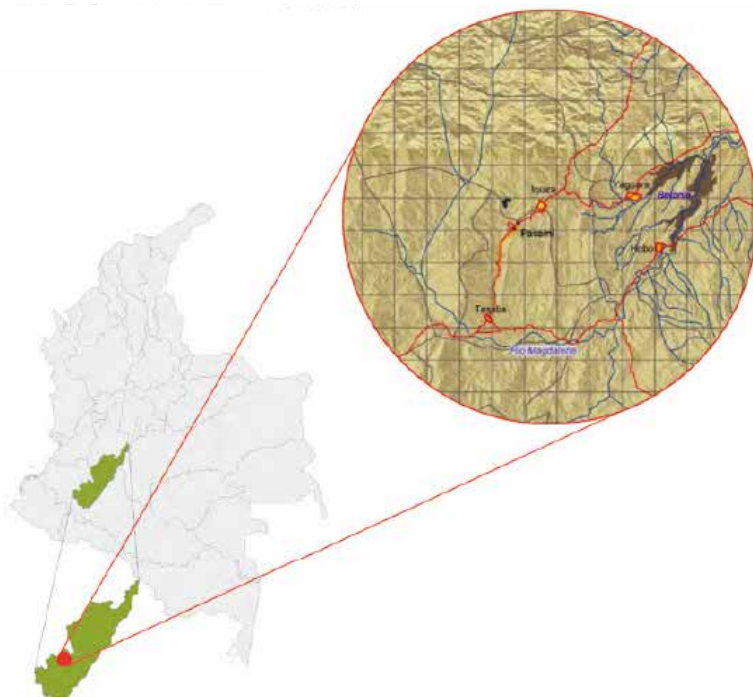
### 3.3 COLOMBIA - ÍQUIRA, DEPARTAMENTO DEL HUILA

Por décadas, la ciudad de Íquira en el Departamento del Huila, Colombia, se ha basado en una economía que depende del cultivo de café. Sin embargo, a inicios de la primera década del siglo XXI, crecía la conciencia de la existencia de depósitos locales de oro y plata. Para complementar sus ingresos, los cafetaleros comenzaron a diversificar sus actividades hacia la minería artesanal. Incluso hoy en día, el trabajo en la minería aurífera artesanal fluctúa estacionalmente para acomodarse al cultivo y la cosecha del café. Las cooperativas, como la Cooperativa Agrominera<sup>17</sup> establecida entre los mineros auríferos de la zona, también administran negocios agrícolas bajo la misma estructura, para así acomodar las ocupaciones duales de la minería y la agricultura en las que están involucradas muchas personas de la zona.

17 Para más información, ir a: <https://www.cmagrominera.com/nosotros>



**Figura 11. Molienda de bolas en la región de Íquira conocida como 'cocos'.**  
Fuente: Servicio Geológico Colombiano



**Figura 12. Ubicación geográfica del área minera de Íquira (Huila) en Colombia.**





**Figura 13. Toma de una muestra de cabello en Íquira.**

Fuente: COLNODO

En Colombia, el día 16 de julio de 2018, el gobierno colombiano prohibió el uso del mercurio en la minería a través de promulgar la Ley 1658 de 2013. Sin embargo, es probable que debido al alto precio del oro en los mercados de Europa y Estados Unidos, la minería ilegal y el uso del mercurio puedan persiste en algunas locaciones.

Antes de la prohibición del mercurio en la zona de la minería de oro en Íquira (Huila), los mineros extraían minerales de roca dura (vetas de cuarzo y sulfuros que contienen oro y plata), los procesaban en plantas mecánicas en pequeña escala a través de triturar, moler, concentrar y amalgamar con mercurio, seguido de un proceso de cianuración. En esa locación, frecuentemente se le refiere a la molienda de bolas como los ‘cocos’. Este proceso de extracción de oro es avanzado con respecto al nivel rudimentario y tiene algún grado de mecanización y de procesamiento avanzado para permitir la recuperación de entre un 70% y un 80% del oro, pero libera mercurio hacia el medio ambiente bajo la forma de relaves y agua contaminada (Servicio Geológico Colombiano, 2018). La cianuración de los minerales tratados con mercurio da por resultado complejos altamente peligrosos de cianuro y mercurio en relaves que son más peligrosos para el medio ambiente y la salud que el mercurio mismo.



**Figura 14. Equipo nuevo para el procesamiento de mineral de oro libre de mercurio adquirido por la Cooperativa de las minas de Íquira.**

Fuente: Cooperativa Agrominera

La recolección de muestras de cabello para detectar los niveles de mercurio realizada en Íquira, Colombia, se basó en un escenario diferente de la MAAPE en Brasil y Venezuela. Los mineros de la MAAPE en Íquira han utilizado el mercurio por muchos años para extraer y amalgamar el oro del mineral. Sin embargo, en 2013, los mineros locales reconocieron el daño al medio ambiente y los impactos sobre la salud producto del uso de mercurio y decidieron buscar prácticas alternativas para la extracción del oro del mineral. Los mineros locales formaron la Cooperativa Multiactiva Agrominera de Íquira con 40 socios incluyendo 6 mujeres y 52 trabajadores contratados. La Cooperativa reunió fondos de la minería para comprar

equipo y contratar servicios de asesoría de expertos sobre cómo extraer oro y maximizar los rendimientos del mineral, a la vez que se reducía significativamente o eliminaba definitivamente el uso del mercurio.

En un año, la cooperativa minera logró reducir el uso de mercurio en un 80% y gracias a posteriores reducciones graduales e inversiones, actualmente cuentan con equipo que ya por varios años les ha permitido procesar el mineral de oro sin utilizar mercurio. IPEN decidió realizar pruebas de cabello para detectar mercurio, para ver si ha habido una carga corporal de mercurio significativa en las mujeres de Íquira como resultado de anteriores prácticas de la minería utilizando mercurio o bien si existe una contaminación ambiental localizada debido al uso histórico del mismo. Se pudieron comparar los resultados de la toma de muestras de cabello con los resultados de mujeres de locaciones en países vecinos donde hay MAAPE que siguen utilizando mercurio. Un factor importante que emergió en el análisis de los resultados de las pruebas y los cuestionarios llenados por las participantes en el muestreo, fue que ninguna de las participantes consumía pescado, la principal fuente alimentaria de exposición al mercurio. En la siguiente sección, se presentan los resultados de la toma de muestras en Íquira.

### **3.4 BOLIVIA - LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DE EYIYO QUIBO Y PORTACHUELO: LA CUENCA DEL RÍO BENI**

En Bolivia, la MAAPE se ha seguido expandiendo en años recientes. La contaminación, los conflictos sociales y el conflicto asociado con la minería de oro, tienen un impacto cada vez mayor sobre las comunidades indígenas. Los pueblos de Eyiyo Quibo y de Portachuelo son miembros nómadas de la etnia esse ejja y su dieta se basa fuertemente en el pescado del río Beni como fuente principal de proteína. El grupo Portachuelo de los esse ejja vive a unos 380 km al noreste del grupo de Eyiyo Quibo. Aunque ambos grupos son nómadas por tradición, en décadas recientes han establecidos asentamientos semi-permanentes. Los dos grupos se han estado preocupando cada vez más porque la minería aurífera en pequeña escala está llevando a la contaminación del río y de los peces con mercurio. La organización participante de IPEN, Reacción Climática, acordó tomar muestras de cabello entre las comunidades, para específicamente recolectar cabello de mujeres en edad reproductiva. Este subgrupo de personas sensibles están en riesgo de intoxicarse con mercurio de los peces de río potencialmente contaminados como un impacto de la minería de oro. Los pueblos Eyiyo Quibo y Portachuelo no se involucran en la minería de oro ni tienen contacto directo con mercurio, por lo que el único aspecto que se puede identificar como factor de exposición al mercurio es su alimentación.



Figura 15. El hogar de los pueblos indígenas de Eyiyu Quibo y Portachuelo, Bolivia.

**Cuadro 4: Principales especies según el número de individuos y el peso total**

Nombre común	Nombre científico	Número de individuos (%) <sup>a</sup>	Peso total (%) <sup>b</sup>
Simbao o Buchere	<i>Hoplosternum littorale</i>	15,45 %	-
Palometa	<i>Serrasalmus elongatus</i>	9,18 %	-
Pintado	<i>Pseudoplatystoma</i> sp.	7,9 %	-
Pacú	<i>Colossoma macropomum</i> y <i>Piaractus brachypomus</i>	6,36 %	6,56 %
Tachaca	<i>Pterodoras granulosus</i>	5,74 %	8,85 %
Pintado	<i>Pseudoplatystoma</i> sp.	-	16,76 %
Chanana	<i>Zungaro zungaro</i> [ <i>Paulicea lutkeni</i> ]	-	12,38 %
Piraiba	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	-	11,69 %
Dorado	<i>Zungaro zungaro</i> [ <i>Brychoplatystoma flavicans</i> ]	-	10,75 %
General	<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	-	9 %

Fuente: Elaboración propia, en base a Copa, 2003: 7

Figura 16. Principales tipos de pescado consumidos en la región en términos de porcentaje y por peso. Fuente: FAO <http://www.fao.org/3/i2446s/i2446s00.htm>



**Figura 17. Personas de Eyiyo Quibo con la pesca capturada en el río Beni.**

Fuente: Carmen Capriles y Reacción Climática



**Figura 18. Especies de pescado que ocupan un lugar central en la alimentación en Eyiyo Quibo.** Fuente: Carmen Capriles y Reacción Climática

En la cuenca del río Beni, hay un número de asentamientos de la etnia de los esse ejja, que periódicamente llevan una vida nómada y actualmente viven en poblaciones pequeñas a orillas del río. La población, por lo general, no alcanza a tener más de 2,000 personas y su alimentación se basa en el consumo de pescado. El río Beni actualmente sufre de la explotación descontrolada de oro por parte de dragadores chinos, brasileños y bolivianos que se mueven en el sector de manera itinerante, contaminando los recursos hídricos y la fauna del sector.

El pescado es la fuente básica de proteína en la alimentación de los pueblos Eyiyo Quibo y Portachuelo, además de representar parte importante de su economía interna y de la comercialización con la comunidad externa en la región del río Beni. Desde los inicios de la primera década del siglo XXI, se han realizado estudios al pescado de la región y desde el año 2017, se sometió el consumo de pescado del río Beni y sus lagos próximos a Ri-

### Figura 18a. Muestreo de cabello en Eyiyo Quibo.

Fuente: Carmen Capriles y Reacción Climática



beralta, a advertencias contra el consumo de pescado debido a la contaminación con mercurio proveniente de la minería de oro. La recomendación consistía en que los adultos no consuman más de 250 gramos de piraña por mes, 750 gramos al mes de tararira, o 500 gramos al mes de surubí.<sup>18</sup>

Las dos comunidades indígenas se han ido preocupando cada vez más por el efecto que tiene la minería y el uso de mercurio para la extracción de oro a lo largo del río Beni y su impacto sobre su salud a través del consumo de pescado. Los resultados del análisis de las muestras de cabello proporcionadas por las mujeres de cada uno de los grupos han demostrado que se justifica la preocupación de la comunidad. Los niveles de la carga corporal del mercurio entre las mujeres en la comunidad son los más elevados que se haya hallado en este estudio (y en la mayoría de los estudios anteriores de IPEN), lo cual es profundamente preocupante. Los peces que se capturan en el río Beni son la única fuente de exposición al mercurio y esto les ha causado una carga corporal de mercurio significativamente elevado. Se puede suponer lógicamente que otros pueblos indígenas en la región que de manera similar dependen del pescado en su alimentación podrían experimentar niveles similares de intoxicación con mercurio.

18 Página Siete: Diario Nacional Independiente (2017) [https://www.paginasiete.bo/ideas/2017/8/20/mercurio-amenaza-silenciosa-148753.html?fbclid=IwAR2Gse91tuXcclStiazg3lDEImMuXA-MmWg-zaFW7Wu9LgkHau\\_qKwUvHXjA#!](https://www.paginasiete.bo/ideas/2017/8/20/mercurio-amenaza-silenciosa-148753.html?fbclid=IwAR2Gse91tuXcclStiazg3lDEImMuXA-MmWg-zaFW7Wu9LgkHau_qKwUvHXjA#!)

# 4. LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

## 4.1 EL ANÁLISIS DE LAS MUESTRA DE CABELLO

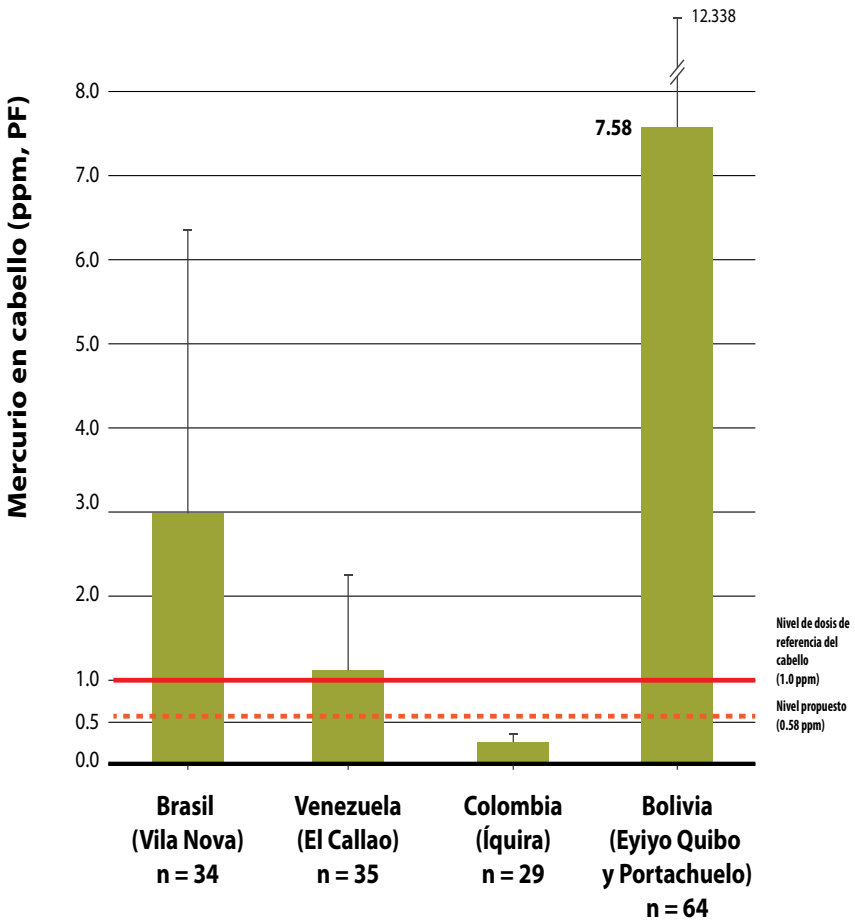
Las concentraciones de mercurio total (THg) detectadas en el cabello de las participantes de todos los países en donde se recolectaron muestras variaron considerablemente y la alimentación, los escenarios de exposición y la exposición al mercurio a través de la amalgama de oro influyen sobre estas concentraciones.

La tabla 1, que aparece abajo, muestra los resultados del análisis de las muestras del cabello, incluyendo las concentraciones promedio de mercurio en cada grupo, la desviación estándar con respecto a los niveles medios por grupo, los niveles más elevados registrados por locación y el porcentaje del grupo del que se tomó muestras que excede el nivel de umbral de 1 ppm (*la línea roja continua*) y el nivel propuesto de 0.58 ppm (*la línea roja interrumpida*).

**TABLA 1.** RESULTADOS DE LA TOMA DE MUESTRAS DE CABELLO POR LOCACIÓN.

Locación	No. de muestras	Concentración media de mercurio (Hg) (ppm) con desviación estándar	No. de muestras mayor a 1ppm	Porcentaje mayor a 1 ppm	Porcentaje mayor a 0.58 ppm	Nivel más elevado de mercurio (Hg) (ppm)
Brasil (Vila Nova)	34	2.98 ± 3.37	23	67.6	79.4	12.4
Venezuela (El Callao)	35	1.1 ± 1.09	13	37.1	60	5.5
Colombia (Íquira)	29	0.25 ± 0.15	0	0	3.4	0.7
Bolivia (Eyiyu Quibo y Portachuelo)	64	7.58 ± 4.758	60	93.7	93.7	32.4

Figura 19. Niveles medios de mercurio de todas las participantes por locación.





## 5. EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN

En general, los resultados indican que la exposición al mercurio durante la extracción de oro y a través del consumo de pescado contaminado afectado por la pérdida de mercurio durante los procesos de extracción de oro, resultaron en niveles elevados de mercurio en las mujeres que participaron en la toma de muestras de cabello. De todas las locaciones en las que se recolectaron muestras, las mujeres indígenas de Bolivia de los grupos de Eyiyo Quibo y de Portachuelo mostraron, por mucho, los niveles más elevados de todos los participantes de este estudio, con un nivel medio total de Hg en el cabello de 7.58 ffl 4.758 ppm (PF). Tan solo 4 de las 64 mujeres tuvieron niveles por debajo de 1 ppm y la mayoría de las mujeres tuvieron niveles por encima de 3 ppm hasta 32 ppm. Considerando que estas mujeres no participan en actividades relacionadas con la minería de oro y su alimentación depende significativamente del pescado de río, es evidente que tienen una fuerte carga corporal de mercurio como resultado de la contaminación del pescado con metilmercurio.

El pueblo de Vila Nova en el estado de Amapá en la región norte de Brasil ocupó el segundo lugar en los niveles promedio más altos, con una concentración media de mercurio total en el cabello de 2.98 ffl 3.37 ppm (PF). Las mujeres que se autoidentificaron como extractivistas (mujeres que viven del pescado y de los productos alimenticios que recolectan de la selva) tuvieron los niveles más altos en Vila Nova, mientras que algunas mujeres con otras ocupaciones también tuvieron niveles elevado, lo cual sugiere que los peces locales están contaminados con mercurio.

En El Callao, Venezuela, el nivel promedio de mercurio detectado en el cabello de las participantes apenas excedió el umbral de 1 ppm con una media de 1.1 ffl 1.09 ppm (PF). Un 37% de las mujeres participantes excedió el umbral de 1 ppm y un 60% de las participantes excedió el nivel de 0.58 ppm. Solamente una de las mujeres que participaron en la toma de muestras sugirió que estaba directamente involucrada en la minería<sup>19</sup> y además mostró un nivel elevado de mercurio (2.1 ppm). El nivel más alto que se registró fue de 5.5 ppm correspondiente a una participante que se identificó como comerciante.

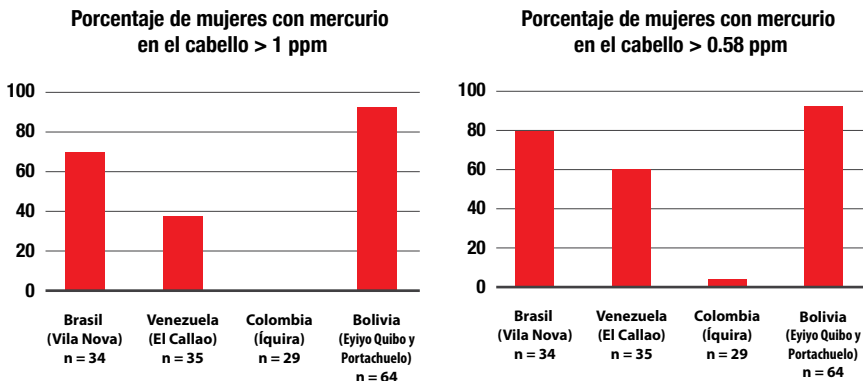
---

19 Algunas mujeres también se identificaron como 'comerciantes' y señalaron que habían estado expuestas al mercurio. Esto puede querer decir que ellas comercializaban mercurio o amalgama de mercurio/oro y en este escenario quedaron expuestas.

La mayoría de las participantes en El Callao que excedieron el umbral de 1 ppm mostraron una concentración de mercurio dentro del rango de 1-2 ppm, lo cual indica que es poco probable que hayan estado directamente expuestas al mercurio a través de actividades extractivas, aunque es más probable que hayan adquirido la carga corporal de mercurio a través de su alimentación. Por lo menos una vez a la semana, todas las mujeres de El Callao consumen pescado de una gama de 10 especies diferentes. No se identificó ningún patrón claro en las edades de las participantes ni en la frecuencia del consumo de pescado o en el tipo de especies que pudiera sugerir porqué algunas de las participantes tuvieron niveles más elevados que otras, con la excepción de las participantes que identificaron las sardininas como el único tipo de pescado en su dieta, quienes tendieron a presentar niveles de mercurio por debajo del umbral de 1 ppm. El hecho de que las sardininas sean peces más pequeños con una acumulación limitada de mercurio podría contribuir a una exposición alimenticia más baja.

En áreas en donde no se utiliza mercurio para la minería de oro y donde ninguna de las participantes consume pescado, el nivel de la carga corporal de mercurio es muy bajo, como fue el caso de Íquira, Colombia. Ninguna de las participantes excedió el umbral de 1 ppm y sólo una excedió el nivel de 0.58 ppm. Las mujeres de Íquira tuvieron un nivel medio de mercurio total de 0.25 a 0.15 ppm (PF), tal cual se midió en las muestras de cabello proporcionadas por las voluntarias. Esta medición se acerca al nivel medio más bajo registrado en todos los estudios previos de IPEN sobre la carga corporal de mercurio en mujeres en edad reproductiva. Además, demuestra los beneficios para la salud de los mineros que conlleva evitar el uso de mercurio en la extracción de oro. Sin embargo, no se pueden utilizar los resultados de Íquira para justificar la ausencia de contaminación con mercurio en el medio ambiente.

Es altamente probable que el uso previo de mercurio en la minería aurífera artesanal en la localidad haya permitido la entrada de mercurio en la cadena alimenticia local como resultado de la contaminación localizada del suelo y de algunas vías fluviales. No obstante, la completa ausencia de pescado en la dieta de las mujeres de Íquira que participaron en el estudio implica que cualquier contaminación del pescado local con mercurio no tiene ningún impacto sobre esta cohorte. Sin embargo, es probable que otros miembros de la comunidad se vean afectados por un insumo alimenticio de mercurio, como quedó demostrado en un estudio exploratorio realizado en 2013 que reveló que el mercurio que comúnmente se utilizó históricamente entre los mineros en el departamento del Huila (donde se localiza Íquira) se había lixiviado hacia los ríos Pacarní y Yaguará, los cuales abastecen agua a toda la región a través de la represa de Betania (Goretti, 2013). Un estudio separado indica que los peces de los ríos inte-



**Figura 20. Porcentaje de participantes con más de 1ppm y 0.58 ppm Hg en el cabello.**

riores en el departamento del Huila ocupan el tercer lugar de los niveles más elevados de mercurio de todas los departamentos de Colombia con un nivel medio de 0.63 ffl 0.50  $\mu\text{g/g}$ , nivel que se puede atribuir tanto a la minería de oro como a las influencias de la minería de carbón (de Paula Gutiérrez y Agudelo, 2020). Se requiere profundizar en la investigación para poder evaluar si la población más amplia de Huila se ve afectada por la ingesta alimenticia de pescado contaminado con mercurio.

La situación en el pueblo de Vila Nova, Brasil, es muy diferente. Algunas mujeres tuvieron una carga corporal de mercurio extremadamente elevada, en donde un 67% de las participantes excedió el umbral de 1 ppm y cerca de un 80% de las participantes excedió el nivel de 0.58 ppm. El nivel medio de mercurio en el cabello fue de 2.98 ffl 3.37 ppm (PF), ocupando el segundo lugar más elevado registrado en cualquier locación de este estudio y significativamente por encima del umbral de 1 ppm. Además, un 20% de las encuestadas tuvo niveles de mercurio en el cabello por encima de 6 ppm y dos mujeres tuvieron niveles que excedieron los 10 ppm.

En Vila Nova continua la extracción de oro a través de utilizar mercurio para la amalgamación, ya sea en la minería ilegal o en las cooperativas organizadas. El río local es una fuente clave de pescado que proporciona proteína a la alimentación tanto de los mineros como de la población local. Los datos que las participantes de esta locación aportaron a través del cuestionario indican que, en diferentes grados, todas las mujeres consumen pescado local. Alrededor de un 10% de las mujeres consume pescado dos veces al día, un 20% consume pescado cada tercer día y el 70% restante consumió pescado entre 1 y 5 veces durante las dos semanas anteriores a la encuesta. Queda claro que el pescado es una fuente significativa de

## Niveles de mercurio por ocupación - Vila Nova, Brasil

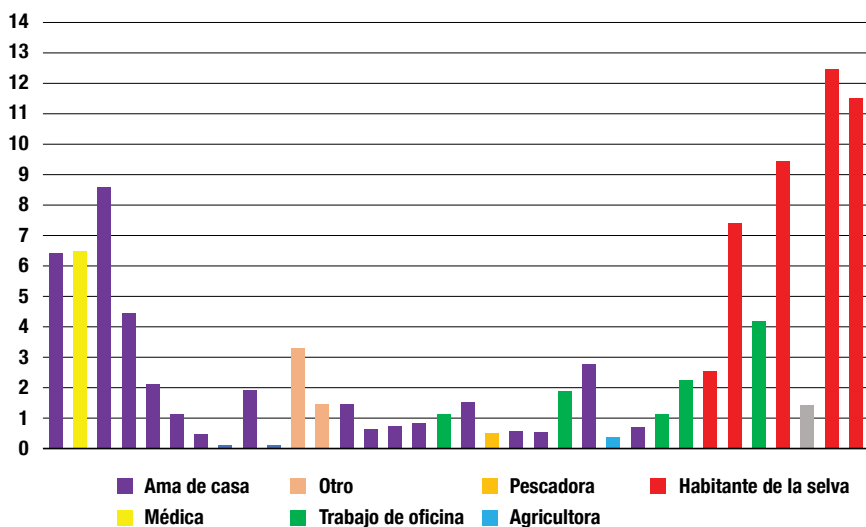


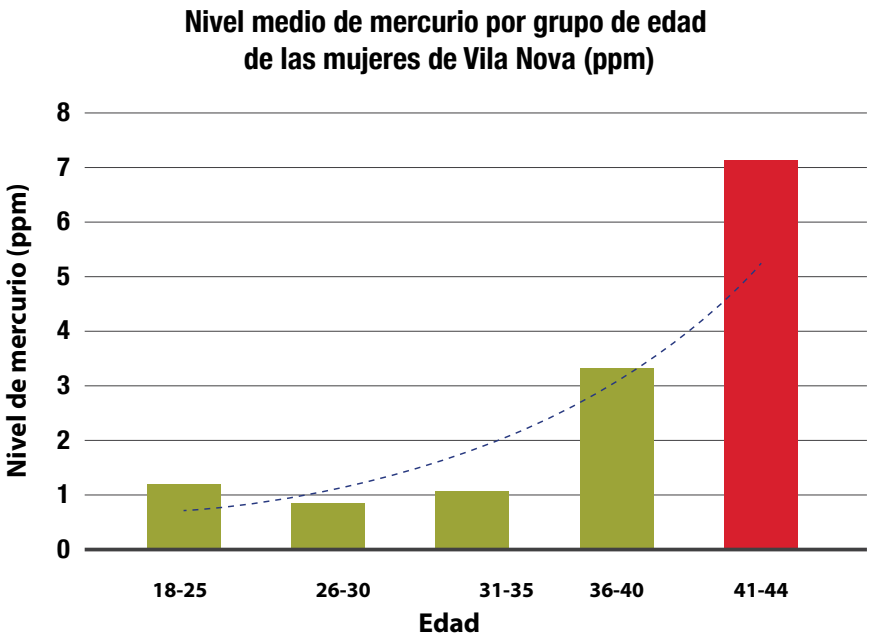
Figura 21. Niveles de mercurio por ocupación. Vila Nova, Brasil.

proteína para esta remota comunidad del interior de Brasil. Tanto el río Amapari como el río Cupixi están en las proximidades del pueblo. Un estudio reciente (Hacon *et al.*, 2020) ha demostrado que las mujeres en edad reproductiva tienen un riesgo significativo de tener una ingesta alimenticia elevada de mercurio proveniente de peces carnívoros en el estado de Amapá debido a la filtración de mercurio proveniente de la actividad extractiva del oro hacia las vías fluviales locales que se ha efectuado por décadas (con un cierto grado de influencia de la erosión del suelo). El estudio recomienda que las mujeres embarazadas deberían evitar consumir peces carnívoros y reducir el consumo de peces omnívoros (que también contienen niveles elevados de mercurio) durante el embarazo.

En la información recopilada a través del cuestionario, algunas mujeres indicaron que vivían de los productos de la selva que recolectaban y de pescado (cacería y recolección de subsistencia). Todas estas mujeres, tuvieron niveles elevados de mercurio, incluyendo los dos niveles más elevados que se registraron de 11.4 ppm y 12.4 ppm. Sin embargo, no sólo estas mujeres reportaron una elevada carga corporal de mercurio. Otras ocupaciones reportadas en los cuestionarios también reportaron niveles elevados de mercurio, aunque no hubo ningún factor obvio de exposición relacionado con su ocupación. Se registraron niveles elevados de mercurio entre

amas de casa, enfermeras, oficinistas y trabajadoras sexuales, aunque no fue un registro uniforme. Es probable que el factor de influencia que explica la exposición de estas mujeres al mercurio sea el consumo de pescado.

Las mujeres en Vila Nova que reportaron un consumo más frecuente de pescado tienden a tener niveles más elevados de mercurio, aunque no se identificó una tendencia clara relacionada con la cantidad de pescado consumido en las semanas anteriores. Como se reportó en estudios recientes (Hacon *et al.*, 2020), quedó claro que los peces carnívoros de la región tienen niveles elevados de mercurio y puede que algunas mujeres consuman un mayor número de pescados de estas especies o bien pescados más viejos con niveles más elevados, que otras mujeres. La edad de las mujeres también puede ser otro factor de influencia, ya que con la edad, el nivel de la carga corporal del mercurio mostró una tendencia ascendente (Figura 22), lo cual se puede relacionar con el número de años en que las mujeres han estado consumiendo pescado contaminado, así como con la frecuencia del consumo. Esta hipótesis se sustenta además en el hecho de que casi todas las mujeres entre los 41 y 44 años de edad (la barra roja en la figura 22) se autoidentificaron como extractivistas de productos de la selva y del



**Figura 22. Tendencias del nivel medio de mercurio por grupo de edad - Vila Nova.**

río. La mayoría de las mujeres que se identificaron como amas de casa se encuentran entre los 36 y los 40 años de edad y frecuentemente consumen pescado. Además, muchas mujeres en este grupo etario tuvieron niveles elevados de mercurio.



## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio piloto de muestras confirma que las mujeres en las localidades en las cuales se practica la MAAPE basada en mercurio, están expuestas al mercurio provenientes de dos fuentes significativas a niveles preocupantes. Para las mujeres que viven en la comunidad, o que se alimentan de pescado, carne y plantas provenientes de la selva, el principal medio de exposición es el mercurio contenido en los alimentos, bajo la forma del consumo de pescado. Existe alguna correlación entre la cantidad de pescado consumida y la concentración de mercurio medida en el cabello, aunque existen otros factores como la edad y la acumulación alimenticia a lo largo del tiempo, así como el tipo y el tamaño del pescado consumido, que también pueden tener una influencia significativa sobre la carga corporal de mercurio en las participantes.

En cualquier caso, la fuente principal de contaminación con mercurio del pescado en las regiones estudiadas es el mercurio liberado en los relaves provenientes del proceso de amalgamación de la MAAPE. Ya sea que se trate de una exposición primaria o secundaria, se puede rastrear la influencia clave sobre los niveles de mercurio de las participantes al uso de mercurio en la MAAPE. En este estudio, Íquira, Colombia fue un sitio útil de comparación en tanto que las mujeres no están expuestas directamente al mercurio a través de la actividad extractiva o de su alimentación (todas

las participantes indicaron que no consumen pescado). Como resultado, esa cohorte tuvo algunos de los niveles de mercurio más bajos registrados en todos los programas de biomonitoreo de IPEN. Además, de manera clara demuestra los beneficios de salud que conlleva el evitar el uso de mercurio en el contexto de la minería artesanal de oro, no sólo para los mineros, sino también para la comunidad más amplia que consume pescado como fuente clave de proteína.

Para las mujeres con niveles elevados de mercurio en Vila Nova y El Callao, es importante que reduzcan su exposición al mercurio proveniente de las especies de peces carnívoros, que son los más altamente contaminados, a favor de especies de pescado más pequeñas, más jóvenes o incluso pescado enlatado, en caso de no haber una proteína alternativa disponible. También deben evitar el consumo de pescado durante el embarazo si hubiera sustitutos de proteína disponibles o bien considerar consumir pescado enlatado como sustituto. Las mujeres de Vila Nova que identificaron que su sustento provenía de alimentos de la selva y los ríos, tuvieron una carga corporal de mercurio significativamente más alta que la mayoría de las demás mujeres de la comunidad y deben de evitar el consumo de peces carnívoros a favor de otras especies cuando estén disponibles. Un estudio reciente de los niveles de mercurio en pescado del interior de Brasil (Hacon *et al.*, 2020), proporciona algunas de las primeras recomendaciones relevantes a nivel regional sobre el consumo, basado en las especies locales de pescado y los patrones de consumo; recomendaciones que deberán de adoptar y promover las autoridades para asegurar que las mujeres en la región puedan tener un mejor control sobre su exposición al mercurio a través del pescado.

Casi todas las mujeres indígenas de Eyiyo Quibo y Portachuelo tienen una carga corporal de mercurio muy alta y las autoridades deberán entrar en acción para intervenir en el impacto inaceptable del mercurio sobre estas comunidades. Más aún, el uso común del sistema del río Beni por parte de estos dos grupos diferentes indica que la contaminación con mercurio de la red acuática de alimentos a lo largo de la región en su conjunto, puede estar colocando a grandes poblaciones en riesgo de envenenamiento con mercurio. Se requiere la acción inmediata para frenar el uso de mercurio y proporcionar fuentes alimenticias alternativas. Se deberían de priorizar las investigaciones y la asistencia en materia de salud para este grupo de mujeres y sus hijos.



En conclusión, los resultados de este estudio dejan en claro que las mujeres y sus hijos en las regiones de los países latinoamericanos evaluados en este estudio están en un riesgo significativo, a menos que se prohíba el uso de mercurio y que las autoridades hagan valer la prohibición. El mercurio que se ha introducido a los sistemas fluviales ya es un legado para las generaciones futuras y se debe entrar en acción para evitar una mayor contaminación. El ejemplo de la minería de oro en Iquira, Colombia es una demostración de que se pueden implementar métodos nuevos libres de mercurio en la extracción de oro que protejan a las mujeres de la exposición al mercurio.

# REFERENCIAS

- de Paula Gutiérrez, B.F., Agudelo, C.A.R. Fish as bioindicators: coal and mercury pollution in Colombia's ecosystems. *Environ Sci Pollut Res* 27, 27541-27562 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09159-4>
- Feng, X., Li, P., Qiu, G., Wang, S., Li, G., Shang, L., Meng, B., Jiang, H., Bai, W., Li, Z. and Fu, X. (2008) Human Exposure To Methylmercury through Rice Intake in Mercury Mining Areas, Guizhou Province, China *Environmental Science & Technology* 2008 42(1), 326-332. DOI: 10.1021/es071948x
- Grandjean P, Weise P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K, Murata K, Sorensen N, Dahl R, Jorgensen PJ (1997) Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol Teratol* 19:417-428.
- Hacon, S. de S., Oliveira-da-Costa, M., Gama, C. de S., Ferreira, R., Basta, P. C., Schramm, A., & Yokota, D. (2020). Mercury Exposure through Fish Consumption in Traditional Communities in the Brazilian Northern Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 5269. doi:10.3390/ijerph17155269
- International Crisis Group (2019) *Gold and Grief in Venezuela's Violent South. Report no. 73 Latin America & Caribbean 28 February 2019*. <https://www.crisisgroup.org/latin-america-caribbean/andes/venezuela/073-gold-and-grief-venezuelas-violent-south>
- Junaidi, M., Krisnayanti, B. D., Juharfa, & Anderson, C. (2019). Risk of Mercury Exposure from Fish Consumption at Artisanal Small-Scale Gold Mining Areas in West Nusa Tenggara, Indonesia. *Journal of health & pollution*, 9(21), 190302. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-9.21.190302>
- Murata, K., Weihe, P., Budtz-Jorgensen, E., Jorgensen PJ, Grandjean P., (2004) Delayed brainstem auditory evoked potential latencies in 14-year-old children exposed to methylmercury. *J Pediatr* 144(2):177-183.
- Marco, D (2018) *Crisis in Venezuela: the distorted economy that gold creates in the richest (and most violent) place in the country*. BBC News Mundo, El Callao (Venezuela). 17 August 2018. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-45204276>
- PNUMA. (2018). Evaluación Mundial de Mercurio 2018. Programa del Medio Ambiente de Naciones Unidas. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29830/GMAKF\\_SP.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29830/GMAKF_SP.pdf?sequence=6&isAllowed=y)
- Servicio Geológico Colombiano. (2018). Guía metodológica para el mejoramiento productivo del beneficio de oro sin el uso de mercurio. Íquira (Huila). Ministerio de Minas y Energía y Servicio Geológico Colombiano. Bogotá, Colombia.
- Steckling, N., Tobollik, M., Plass, D., Hornberg, C., Ericson, B., Fuller, R., and Bose-O'Reilly, S. (2017) Global Burden of Disease of Mercury Used in Artisanal Small-Scale Gold Mining, *Annals of Global Health*, Volume 83, Issue 2, 2017, Pages 234-247, ISSN 2214-9996, <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2016.12.005>.
- UNEP (2020). Artisanal and Small-Scale Gold Mining. Global Mercury Partnership. United Nations Environment Programme. <https://web.unep.org/globalmercurypartnership/our-work/artisanal-and-small-scale-gold-mining-asgm>

## AGRADECIMIENTOS

IPEN y BRI quieren reconocer la ardua labor y la dedicación mostrada por las siguientes organizaciones ambientales y de la sociedad civil que estuvieron directamente involucrados en la recolección de muestras de cabello en Latinoamérica. La tarea fue particularmente desafiante debido a las limitaciones impuestas por la pandemia y las difíciles condiciones en algunas de estas localidades. Queremos agradecer a COLNODO (Colombia), Mapinguari (Brasil), Reacción Climática (Bolivia) y la Fundación Aguaclara (Venezuela).

Agradecimientos adicionales a: Raul Dorado, Alex Villca, Mirna Fernandez, Andrea Bedregal, Dr. Jorge Castillo, Dr. Jesús Olivero, cuidador del parque Jose Luis Howards, cuidador del parque Marco Uzquiano, Sascha Gabizon, Carmen Capriles, Yuyun Ismawati, Community Esse Ejja de Eyiyo Quibo, Comunidad Esse Ejja de Portachuelo y Madidi National Park.

IPEN agradece el apoyo brindado por el Gobierno de Suecia a este proyecto.

Los puntos de vista e interpretaciones expresados en este documento no necesariamente expresan la opinión oficial de ninguna de las instituciones que brindan apoyo financiero. La responsabilidad del contenido recae completamente en IPEN.





[www.briloon.org](http://www.briloon.org)



por un futuro sin tóxicos

[www.ipen.org](http://www.ipen.org)

[ipen@ipen.org](mailto:ipen@ipen.org)

[@ToxicsFree](#)