

# MERCURIO EN LORETO: EXPOSICIÓN HUMANA Y EN PECES EN EL CONTEXTO DE LA EXPANSIÓN MINERA AMAZÓNICA



## PROYECTO

Este reporte se realizó en el marco del proyecto “Reduciendo el avance de la minería ilegal de oro y sus impactos en áreas prioritarias de biodiversidad, corredores de conservación y paisajes transfronterizos de Colombia, Perú y Brasil”, realizado por el Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), Sociedad Zoológica de Frankfurt (FZS- Perú), implementado por Fundación para la Conservación y Desarrollo Sostenible (FCDS) y con el apoyo financiero de la Fundación Gordon & Betty Moore.

## AUTORES

Claudia M. Vega, Coordinadora del Programa de Mercurio, Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA).

Jessica Pisconte, Especialista del Programa de Mercurio, Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA).

Claus Garcia, Gerente del Paisaje Yaguas, Sociedad Zoológica de Frankfurt (FZS - Perú).

Marta Torres, Coordinadora del Programa de Educación y Gestión Integral Sostenible, Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA).

Katee Salcedo, Especialista de Comunicaciones, Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA).

Luis E. Fernandez, Director Ejecutivo, Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA); Profesor y Senior Fellow, Andrew Sabin Family Center for Environment and Sustainability, Wake Forest University.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las comunidades participantes de las cuencas Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo por su colaboración y confianza en el desarrollo de este estudio. Agradecemos también el apoyo del equipo técnico del Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), Sociedad Zoológica de Frankfurt (FZS - Perú) y de la Fundación para la Conservación y Desarrollo Sostenible (FCDS) en la implementación del proyecto. El estudio contó con la colaboración del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), en cuyo laboratorio se realizó el análisis de las muestras. Al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) que apoyaron en la logística de transporte y comunicación con las comunidades, Gerencia Regional de Salud (GERESA) que facilitaron el apoyo desde los puestos de salud. También agradecemos el respaldo institucional de la Wake Forest University, a través del Andrew Sabin Family Center for Environment and Sustainability, con quién CINCIA mantiene una alianza científica estratégica para el desarrollo conjunto de investigaciones y la generación de evidencia que contribuye a la mitigación de los impactos del mercurio en la Amazonía peruana. Este estudio se realizó con el consentimiento informado de las personas participantes y respetando los principios éticos aplicables a la investigación con comunidades locales.

## CITA SUGERIDA

Vega, C. M., Pisconte, J. N., Torres, M., Garcia, C.M., Salcedo, K.D. & Fernandez, L. E. (2024).

Expansión de la Minería Aurífera en la Amazonía Peruana: El Riesgo del Mercurio en Loreto: Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA) y Fundación para la Conservación y Desarrollo Sostenible (FCDS).



# Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Resumen Ejecutivo</b>  | <b>3</b>  |
| <b>I. Introducción</b>  | <b>6</b>  |
| <b>II. El mercurio en el ambiente y riesgo de contaminación en la Amazonía</b>  | <b>10</b> |
| <b>III. Expansión minera en Loreto</b>  | <b>14</b> |
| <b>IV. Primeros estudios sobre la contaminación de mercurio en Loreto</b>   | <b>20</b> |
| <b>V. Estudio reciente sobre exposición a mercurio en Loreto</b>  | <b>24</b> |
| ▪ <b>Metodología</b>  | <b>26</b> |
| 1. Área de estudio  | 26        |
| 2. Recolección de muestras  | 28        |
| 3. Análisis de laboratorio  | 29        |
| ▪ <b>Resultados</b>   | <b>30</b> |
| 1. Humanos  | 30        |
| 1.1. Evaluación de mercurio en cabello humano en cuencas del Bajo Putumayo y Nanay - Pintuyacu                                      | 31        |
| 1.2. Niveles de riesgo de la exposición a mercurio  | 39        |
| 1.3. Grupos prioritarios para monitoreo de exposición al mercurio   | 41        |
| 2. Mercurio en peces  | 43        |
| 2.1. Evaluación de mercurio en peces de cuencas hidrográficas   | 43        |
| 2.2. Evaluación de mercurio en pescado comercializado en mercados de Iquitos  | 48        |
| 3. Mercurio en sedimentos   | 52        |
| ▪ <b>Cadena de exposición al mercurio: desde el ambiente hasta la salud humana</b>  | <b>54</b> |
| ▪ <b>Niveles de exposición en Loreto frente a antecedentes en Madre de Dios</b>   | <b>55</b> |
| <b>Conclusiones</b>   | <b>58</b> |
| <b>Recomendaciones</b>  | <b>60</b> |
| ▪ <b>Promover una alimentación segura, alineada a la realidad de las poblaciones amazónicas</b>                                     | <b>60</b> |
| ▪ <b>Establecer un sistema de monitoreo ambiental y vigilancia sanitaria</b>  | <b>60</b> |
| ▪ <b>Fortalecer la legislación nacional y gestión territorial en Loreto para prevenir la expansión de la minería ilegal</b>         | <b>60</b> |
| ▪ <b>Reforzar el control y vigilancia territorial frente a la minería ilegal</b>  | <b>61</b> |
| ▪ <b>Impulsar el desarrollo productivo sostenible con participación del Gobierno Regional de Loreto y otros niveles de gobierno</b> | <b>61</b> |
| ▪ <b>Impulsar una agenda amazónica de cooperación frente a la contaminación por mercurio</b>  | <b>61</b> |
| <b>Bibliografía</b>   | <b>63</b> |

## Resumen Ejecutivo

---

La región de Loreto enfrenta una amenaza creciente por la expansión de la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE). Aunque esta actividad ha tenido poca presencia histórica en la zona, su avance en los últimos años preocupa por los graves impactos que ha generado en otras regiones amazónicas.

Este informe recopila antecedentes disponibles sobre la actividad de minería aurífera en la región Loreto y presenta resultados de las primeras investigaciones realizadas sobre la contaminación por mercurio. Asimismo, se muestran resultados de un estudio de línea base sobre los niveles de mercurio en muestras de cabello humano, peces y sedimentos procedentes de las cuencas del Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo realizado en 2024.

Entre los hallazgos del estudio tenemos:

- En la cuenca del Bajo Putumayo, donde se analizó mercurio en muestras de cabello de 166 personas en 3 comunidades, se registró un valor medio de 15.67 mg/kg (rango: 0.59 - 50.33 mg/kg). Estos valores superan lo reportado en la cuenca Nanay - Pintuyacu donde se analizaron muestras de 273 personas en 6 comunidades con un valor medio de 8.41 mg/kg (rango: 0.63 - 27.34 mg/kg).
- Los grupos más vulnerables, como los niños y las mujeres en edad reproductiva, son quienes enfrentan mayores riesgos frente a los efectos neurotóxicos del metilmercurio. El 97 % de la población estudiada presenta niveles que superan ampliamente el valor de referencia establecido por la Organización Mundial de la Salud (2.2 mg/kg), lo que indica una situación de exposición crónica.
- El 81 % de las mujeres en edad reproductiva en la cuenca del Bajo Putumayo presentan un riesgo alto para la salud, lo cual puede derivar en efectos adversos sobre la salud materno-infantil, incluyendo daños neurológicos irreversibles en el desarrollo fetal.
- Los niveles más elevados de mercurio en peces se registraron en algunas especies carnívoras. En cuencas: pez chino, chambira, maparate, toa, bocón y paña y en mercados: bagre lince, huapeta, bocón, paiche, pez chino y mota. Estas especies presentaron valores que superan el límite recomendado por la OMS para consumo humano (0,5 mg/kg de mercurio en peces para consumo humano, basado en un consumo semanal de 200 g).
- De las 16 muestras de sedimentos de fondo analizadas, sólo 1 muestra superó el límite de referencia de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (0.2mg/kg) en que no se espera encontrar efectos adversos para la mayoría de organismos bentónicos. En ambas cuencas, se reporta que las cochas presentan los niveles promedio más altos que los ríos : Nanay - Pintuyacu: 0.091 mg/kg vs. 0.019 mg/kg y en Bajo Putumayo: 0.055 mg/kg vs. 0.018 mg/kg.





*Actividad de pesca en los ríos de Loreto. Fuente: Diego Perez*

En conjunto, estos resultados evidencian que en las comunidades ribereñas la exposición estaría vinculada al consumo frecuente de pescado principalmente carnívoro, registrando niveles que representan un riesgo considerable para la salud, en particular para los grupos más vulnerables como niños y mujeres en edad reproductiva. Adicionalmente, en Loreto, donde ya existe una exposición preocupante vinculada a la dieta, la expansión de la actividad minera representa un factor adicional de riesgo capaz de generar impactos negativos en la salud pública y los ecosistemas. La experiencia documentada en Madre de Dios demuestra que, cuando la minería artesanal se expande sin control, los niveles de mercurio en el ambiente y en las personas pueden incrementarse significativamente.

Los resultados del estudio de línea base presentados en este reporte, nos muestra un diagnóstico situacional de la exposición de mercurio en las poblaciones ribereñas y nos brinda una oportunidad para tomar acciones preventivas que busquen proteger la salud humana y ecosistémica de la región. Para esto, se recomienda implementar estrategias de gestión territorial, reforzar el monitoreo de mercurio en recursos hidrobiológicos, promover prácticas alimentarias más seguras y prevenir el avance de la minería ilegal para evitar un escenario similar a otras zonas donde el mercurio proveniente de la actividad minera ha causado grandes afectaciones.



Cierre de taller de entrega de resultados sobre nivel de mercurio a comunidades de Loreto. Fuente: CINCIA

# I. Introducción





*Actividad minera ilegal cerca al sector Laberinto - Madre de Dios. Fuente: CINCIA*

La Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE) es una actividad que genera ingresos para miles de familias en el Perú y constituye una parte significativa de la economía nacional. Sin embargo, cuando se desarrolla de manera informal o ilegal, puede provocar serios impactos sociales y ambientales. Entre ellos, destacan la deforestación, la contaminación con mercurio y la generación de conflictos sociales vinculados a la violencia, la trata de personas y la explotación laboral.

En las últimas décadas, la MAPE ha crecido de forma acelerada en la Amazonía peruana, impulsada por el alza sostenida del precio del oro (Fritz et al., 2017). Esta expansión ha ocurrido principalmente en zonas rurales remotas, donde existen pocas oportunidades económicas y una débil presencia del Estado. En este contexto, la extracción de oro se realiza a menudo en ríos, cochas y cursos de agua, una práctica prohibida según el Artículo 5 Decreto Legislativo N° 1100.

Adicionalmente, la expansión de la actividad minera, en su mayoría ilegal, ha traído consigo problemas sociales como la trata de personas, sicariato y la explotación laboral. Además, ha generado problemas ambientales como la deforestación de miles de hectáreas de bosques y la contaminación con mercurio, un metal altamente tóxico utilizado para separar el oro de los sedimentos.

El mercurio empleado en este proceso es emitido a la atmósfera y liberado en cuerpos de agua durante el proceso de la amalgamación y quema, donde genera contaminación y consecuentemente se acumula a lo largo de la cadena alimentaria, representando un riesgo crítico para los ecosistemas y la salud de las comunidades locales. Una vez en los cuerpos de agua, el mercurio puede ser transformado por microorganismos en metilmercurio, una forma aún más tóxica que se acumula en los tejidos de los peces y se transfiere a lo largo de la red trófica (Selin, 2009).

La expansión de la minería de oro ha comenzado a intensificarse en Loreto. Esta región está ubicada en el noreste de la Amazonía peruana, es la más extensa del país y alberga una gran diversidad de ecosistemas acuáticos y terrestres. Además, es hogar de numerosas comunidades indígenas y ribereñas que dependen directamente de los recursos naturales para su alimentación, salud y actividades tradicionales (INEI, 2018). Sin embargo, ni su riqueza natural ni su importancia cultural han sido suficientes para frenar el avance de la minería de oro.

Desde 1999 se tiene registro de actividad minera artesanal en la cuenca del río Nanay, una de las más importantes de la región (Reyes, 2000), de igual forma en el mismo año, se tienen registros de esta actividad en la cuenca del río Yaguas (Iglesias & Gonzales, 2000). En los últimos años, la minería ha crecido con más fuerza, incrementándose los reportes sobre la presencia de dragas ilegales y la intervención de zonas clave para la conservación (Yupanqui et al., 2023). Esta actividad puede incrementar el riesgo de exposición al mercurio, sin embargo, su posible impacto en la zona aún no ha sido estudiado sistemáticamente. A pesar de que existen estudios preliminares sobre niveles de mercurio en agua, sedimento y pescado, su alcance ha sido limitado y no han permitido identificar con claridad las fuentes de contaminación ni ofrecer un diagnóstico representativo de la situación en las cuencas estudiadas.

Este informe presenta un análisis contextual del avance de la minería de oro en Loreto, y los riesgos de la contaminación por mercurio, una problemática que va en aumento en esta región amazónica como consecuencia de la expansión de la actividad minera. Al mismo tiempo, se exponen los primeros resultados de un estudio de línea base que evalúa la presencia de mercurio en cabello humano, peces y sedimentos con el objetivo de generar datos de referencia sobre los niveles de mercurio en ecosistemas acuáticos y en comunidades locales del departamento de Loreto. Si bien se trata de un primer paso, estos hallazgos permiten hacer un diagnóstico sobre la presencia de mercurio, y coloca en evidencia el potencial impacto negativo de la contaminación por mercurio en la salud de la población de esta región, la cual registra el mayor consumo per cápita de pescado a nivel nacional (PRODUCE, 2015). Considerando que el consumo de pescado es la principal vía de exposición a este metal tóxico, es importante alinear esfuerzos que eviten actividades que aumenten la contaminación de mercurio para proteger la salud de las poblaciones que habitan esta región.



Capacitación en la cuenca del Nanay sobre consumo seguro de pescado con bajo riesgo de mercurio. Fuente: CINCIA.

## II. El mercurio en el ambiente y riesgo de contaminación en la Amazonía



El mercurio es un metal pesado de origen natural que puede encontrarse en el ambiente por fuentes geológicas como erupciones volcánicas y la erosión de minerales, pero también por actividades humanas como la minería, la quema de biomasa y la industria. Una vez liberado, puede persistir en el ambiente durante largos períodos, incluso hasta un año en su forma elemental en la atmósfera (Li et al., 2022), participando en un complejo ciclo de transporte y transformación que le permite movilizarse entre el aire, el agua, el suelo y la vegetación (Figura 1). Su capacidad para viajar largas distancias y transformarse en compuestos más tóxicos lo convierte en un contaminante global con impactos significativos (Li & Guangling, 2011).

Actualmente, la principal fuente de emisiones antropogénicas de mercurio es la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE), que representa el 38 % de las emisiones globales, de éste el 53% es emitido en Sur América y de este porcentaje 80% viene de la región Amazónica (Crespo-Lopez et al., 2021; PNUMA, 2019). Esta actividad utiliza mercurio metálico para amalgamar el oro, liberando grandes cantidades que terminan depositadas en el ambiente. El mercurio puede llegar a ríos, cochas y otros cuerpos de agua, donde es transformado a través de bacterias bajo condiciones anaeróbicas, a una de sus formas más tóxicas que es el metilmercurio (Fitzgerald & Lamborg, 2003 ).

El metilmercurio es fácilmente incorporado por los organismos acuáticos, acumulándose progresivamente en sus tejidos a lo largo de su vida en un proceso conocido como bioacumulación. Adicionalmente, las concentraciones de mercurio aumentan progresivamente a medida que se asciende en la cadena alimenticia, es decir el predador tiene concentraciones más elevadas con relación a sus presas, a este fenómeno se le denomina biomagnificación. Esto ocurre, por ejemplo, en los peces predadores o carnívoros de gran tamaño, como los grandes bagres consumidos habitualmente en la Amazonía, que tienden a acumular mayores concentraciones de mercurio debido a procesos de biomagnificación. Estudios realizados en ecosistemas amazónicos han demostrado que este tipo de especies, como *Brachyplatystoma rousseauxii* (Bagre Dorado), presentan concentraciones de mercurio significativamente más elevadas en comparación con especies de menor nivel (Heilpern et al., 2025; Da Silva et al., 2005).

Una vez en los peces, el metilmercurio continúa su tránsito en la red alimentaria y potencialmente afecta tanto a la fauna silvestre como a los seres humanos. Se ha demostrado que este compuesto neurotóxico puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central, especialmente en el desarrollo neurológico fetal y se asocia también con alteraciones cognitivas, motoras y del comportamiento. Además, estudios recientes lo vinculan con riesgos cardiovasculares e inmunológicos, incluso en niveles moderados de exposición prolongada (OMS, 2021).

*“ El mercurio presente en los peces es en su mayoría metilmercurio, una forma altamente tóxica y que representa una amenaza para la salud humana y la fauna silvestre”*



*Actividad minera ilegal en Putumayo - Loreto. Fuente: Claus Garcia / FZS Perú*

Comprender la dinámica del mercurio en la Amazonía, desde su liberación y transporte hasta su transformación y acumulación en la red trófica, es fundamental para dimensionar los riesgos ambientales y sanitarios asociados a su presencia. En regiones como Loreto, donde confluyen condiciones ecológicas sensibles, exposición humana y una creciente presión por actividades extractivas, esta comprensión contextual es clave para orientar esfuerzos de monitoreo, prevención y toma de decisiones informadas frente al avance de la contaminación por mercurio en la región.

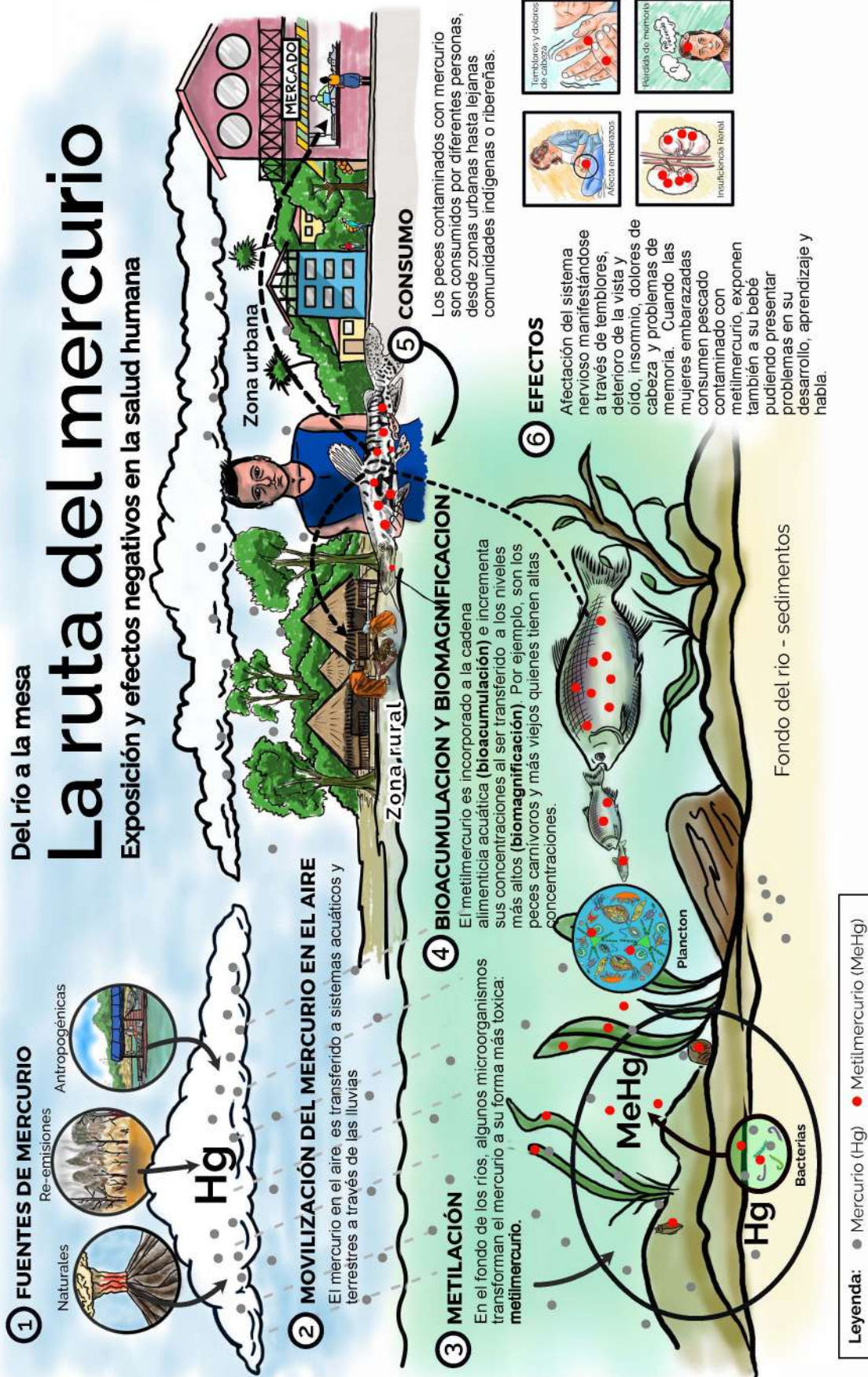


Figura 1. Ruta del mercurio desde su emisión al ambiente hasta su incorporación

## III. Expansión minera en Loreto





*Actividad minera ilegal en Nanay - Loreto. Fuente: FCDS - Perú*

La minería artesanal de oro, es una actividad presente en muchas regiones del mundo que genera sustento económico y oportunidades de empleo para miles de familias. Sin embargo, también está asociada a impactos ambientales y sociales significativos, particularmente cuando se desarrolla sin regulación adecuada. En América Latina, la MAPE ha crecido de forma sostenida en las últimas décadas, impulsada por el aumento del precio del oro y la creciente demanda internacional (Fritz et al., 2017; Harlow, 2019).

En la Amazonía peruana, estas mismas condiciones han favorecido su rápida expansión, especialmente en zonas rurales con escasas oportunidades laborales y limitada infraestructura de desarrollo. Esta expansión ha venido acompañada de impactos ambientales visibles, como la deforestación causada por la minería aurífera aluvial, que ha sido ampliamente documentada por la Plataforma Monitoreo de Minería Aurífera con Radar, denominada RAMI de Conservación Amazónica – ACCA en regiones como Madre de Dios y más recientemente se vienen registrando el aumento de la actividad minera en Loreto. En esta última, se han reportado los primeros casos de pérdida de cobertura boscosa a causa de la minería en la cuenca del río Nanay. En 2024, el monitoreo satelital identificó una deforestación inicial de 0.2 hectáreas en el ámbito de la comunidad nativa Alvarenga, dentro del Área de Conservación Regional Pintuyacu-Chambira. Aunque la cifra era aún limitada, representa un primer indicio de transformación del paisaje que genera preocupación por su posible expansión (ACCA, 2024).

En Loreto, desde 1999 se tiene registro de operaciones mineras artesanales en cuencas como la del río Yaguas (Iglesias & Gonzales, 2000) y el río Nanay (Reyes, 2000, citado en Maco & Sandoval, 2005).

Aunque en los primeros años la información fue limitada, ya se advertía el riesgo que esta actividad representaba, especialmente para la cuenca del Nanay, una de las principales fuentes de agua de Iquitos. Ante esta amenaza, en 2003 el Gobierno Regional de Loreto emitió la Ordenanza Regional N.º 006-2003-GRL-CR, declarando la cuenca del Nanay como zona de exclusión para actividades de extracción minera y para aquellas que alteren su cobertura vegetal.

Años después, en 2008 y 2009, se aprobaron las Ordenanzas Regionales N.º 014-2008-GRL-CR y N.º 020-2009-GRL-CR, que reforzaron la protección legal al declarar de interés público regional la conservación de las cabeceras del Nanay y otras cuencas. En 2011, se creó el Área de Conservación Regional Alto Nanay-Pintuyacu-Chambira, como estrategia para salvaguardar estos ecosistemas. A nivel nacional, el Decreto Legislativo N.º 1100, promulgado en 2012, prohibió el uso de dragas en ríos y cuerpos de agua en el contexto de la minería artesanal. Sin embargo, la implementación y fiscalización de estas normas ha sido limitada.

*“ En Loreto, la minería artesanal con dragas se registra desde 1999 en cuencas como el Nanay. Su reciente expansión hacia otras cuencas de la región subraya la importancia de mantener y fortalecer el monitoreo y la aplicación de la normativa vigente”*

En la última década, la minería ilegal ha experimentado un crecimiento sostenido, con una creciente presencia de dragas en 11 ríos como el Nanay, el Putumayo, el Mazán, entre otros (Yupanqui et al., 2023), y con reportes de hasta 40 dragas operando simultáneamente en el Nanay hacia 2020, controladas por mineros ilegales que operan al margen de la ley.

Frente a esta expansión, algunas autoridades han intentado implementar nuevas medidas para contener el avance de la minería en Loreto. En octubre de 2023, el Gobierno Regional de Loreto anunció que no otorgaría permisos para actividades de exploración minera en la cuenca del río Nanay, fuente fundamental de agua para más de 160 mil personas en la ciudad de Iquitos.

Sin embargo, en noviembre del mismo año, el Ministerio de Energía y Minas emitió un decreto que sólo suspendía por 12 meses la recepción de nuevos pedidos para realizar minería en esa zona, sin anular concesiones ya otorgadas ni prohibir actividades en curso. Esta medida fue considerada insuficiente por organizaciones civiles y especialistas, quienes advirtieron que la minería ilegal continuó expandiéndose a un ritmo acelerado (Rosas, 2024).

*“ De no implementarse acciones efectivas y oportunas para frenar la expansión de la minería de oro en la cuenca del Nanay, esta podría convertirse en un nuevo epicentro de minería ilegal en la Amazonía peruana”*

Imágenes satelitales analizadas por MAAP y difundidas por la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA) evidenciaron un patrón creciente de actividad minera en la cuenca del Nanay, similar al que se observó en las primeras etapas del caso de La Pampa en Madre de Dios.



*Campamento minero abandonado en el área de la Pampa en Madre de Dios, donde antes de la actividad se encontraba bosque primario. Fuente: Jason Houston.*

Esta tendencia sugiere que, de no implementarse acciones efectivas y oportunas, la cuenca del Nanay podría convertirse en un nuevo epicentro de minería ilegal en la Amazonía peruana (SPDA, 2023).

En marzo de 2025, se registraron nuevos indicios del avance de la MAPE ilegal, la plataforma RAMI identificó 20 nuevas infraestructuras mineras en los ríos Nanay y Mazán, mientras que el Ministerio Público reportó más de 50 dragas operando activamente solo en la cuenca del Nanay (Rosas, 2025). Esta expansión refleja una creciente presión sobre los ecosistemas acuáticos y las comunidades locales, especialmente en áreas con limitada fiscalización y donde las condiciones geográficas pueden dificultar el control. Además, se ha reportado minería dentro o cerca de zonas sensibles y protegidas, elevando el riesgo de daños ecológicos.

Loreto enfrenta un riesgo particular frente al avance de la minería aurífera debido a la combinación de su alta biodiversidad, la presencia de ecosistemas sensibles y la estrecha relación que mantienen sus comunidades indígenas y poblaciones rurales con el entorno natural. Frente a este escenario emergente en Loreto, resulta útil revisar lo ocurrido en Madre de Dios, donde la minería se encuentra mucho más extendida. Estudios científicos de los últimos 15 años (Pisconte et al., 2025), evidencian el grave impacto que puede generar la MAPE en relación a la contaminación de mercurio y destrucción de ecosistemas. En esta región, se ha documentado una contaminación significativa por mercurio en aire, agua, sedimentos y suelos (Szponar et al., 2025; Diringer et al., 2015; Martínez et al., 2018; Rodríguez Pascual et al., 2022). También, se ha reportado niveles elevados en fauna silvestre (Pisconte et al., 2024; Portillo et al., 2023) y en poblaciones humanas expuestas (Fernandez, 2013; Diringer et al., 2015; Silman et al., 2022; Vega et al., 2020)(Figura 2).

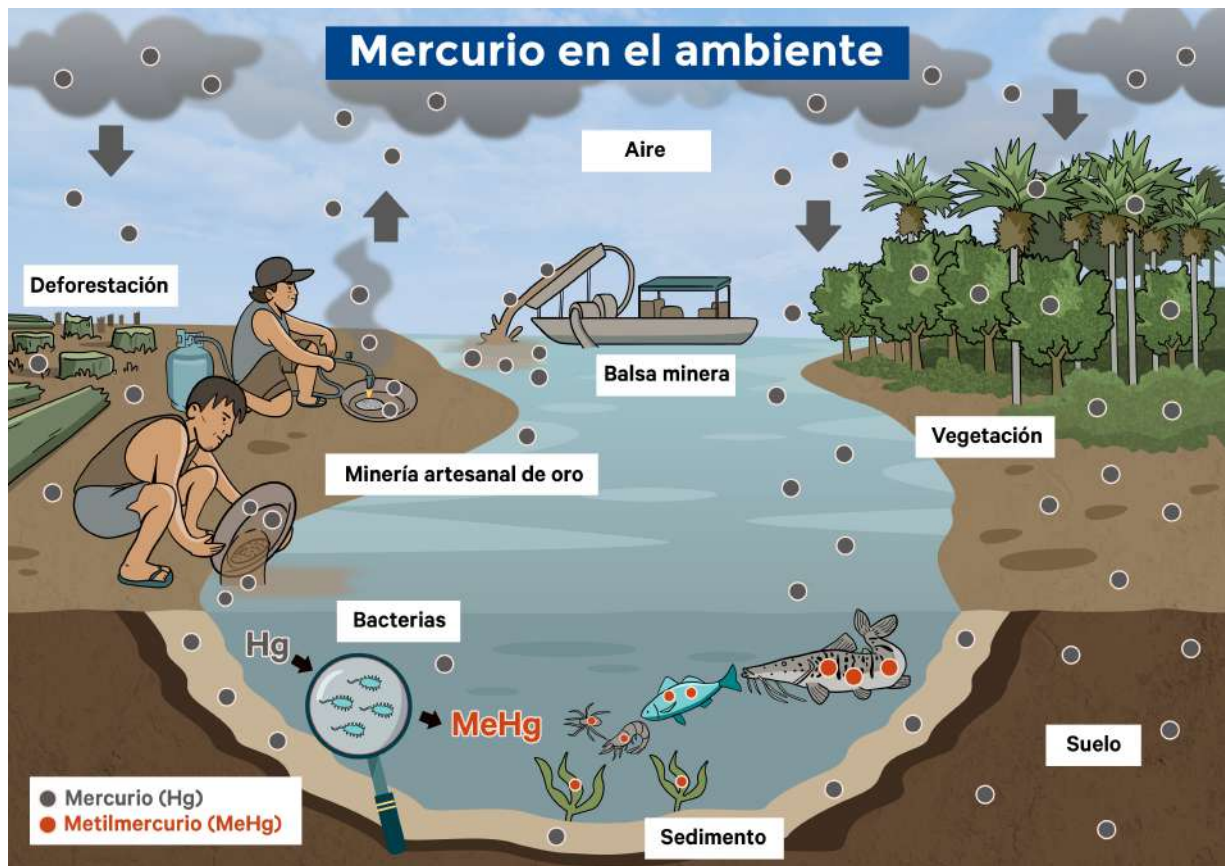


Figura 2. Deposición del mercurio en el ambiente y principales compartimentos evaluados en Madre de Dios.

A diferencia de Madre de Dios, Loreto se encuentra aún en una etapa temprana del proceso de expansión de la minería de oro. Sin embargo, las condiciones ecológicas, sociales, culturales (consumo de pescado como principal fuente de proteína) hacen esta región especialmente vulnerable a los impactos de la actividad minera. Esta situación, representa una alerta temprana y al mismo tiempo una valiosa oportunidad para actuar de forma preventiva. Implementar medidas de control, monitoreo y regulación desde ahora, podrían evitar que la MAPE se consolide a gran escala, ayudando a proteger los ecosistemas y la salud de las poblaciones locales.



*Investigadora capacitando a la población en cuenca del Nanay sobre pescado seguro. Fuente: CINCIA.*

## **IV. Primeros estudios sobre la contaminación de mercurio en Loreto**





*Loreto es una de las regiones amazónicas de Perú con el mayor consumo de pescado, alimento fundamental en la dieta local. Fuente: Pablo E. Puertas / CINCIA.*

En Loreto, donde la actividad minera ha comenzado a expandirse, el monitoreo de la contaminación por mercurio resulta crucial para comprender la magnitud del problema y su potencial impacto en los ecosistemas y la salud de las poblaciones locales.

La presencia de mercurio en la Amazonía responde en parte a procesos naturales. Antes de los primeros registros de minería artesanal de oro en Loreto, hacia fines de la década de 1990, se habían realizado estudios para evaluar su presencia en el ambiente.

Uno de los primeros estudios fue desarrollado por Pezo et al. (1992), quienes analizaron 26 especies de peces procedentes de los ríos Nanay, Ucayali y Amazonas. Aunque el enfoque no estuvo centrado en la minería, sino en los posibles impactos de la actividad petrolera, se identificaron niveles de mercurio por debajo del límite de 0.5 mg/kg recomendado por la OMS para consumo humano en la mayoría de especies, con excepción de algunas carnívoras como *Brachyplatystoma rousseauxii* (Bagre Dorado), que superaron este umbral. El estudio también observó que las concentraciones tendían a ser más altas en peces de mayor tamaño y nivel trófico, lo que evidencia procesos de bioacumulación y biomagnificación del metilmercurio, incluso en ausencia de minería aurífera.

Posteriormente, con la expansión de la minería, crecieron también las inquietudes por sus posibles impactos ambientales y en la salud pública, lo que motivó nuevos estudios enfocados en matrices como agua, sedimentos y biota. En un estudio de 1999 se encontraron concentraciones de mercurio en

sedimentos del río Yaguas entre 0.32 y 0.39 mg/kg, superando el umbral de 0.2 mg/kg, valor frecuentemente utilizado como Nivel de Efecto más Bajo Observado (LEL, Lowest Effect Level, por sus siglas en inglés) en evaluaciones ecológicas de sedimentos, citado por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (USEPA) como valor de referencia en estudios de riesgo (Iglesias & Gonzales, 2000).

En los años 2000 y 2001 se llevó a cabo un estudio en el río Nanay realizado por Maco & Sandoval (2005) para evaluar la presencia de mercurio en agua y sedimentos. En el año 2000, se detectaron concentraciones de 0.00002 mg/L en agua, por debajo del valor de referencia del Límite Máximo Permissible (LMP), que es de 0.00010 mg/L (para cuerpos de agua destinados a la pesca de mariscos bivalvos). En 2001, se reportaron concentraciones de hasta 0.00012 mg/L, alcanzando dicho umbral. En sedimentos, se registraron concentraciones entre 0.005 y 0.082 mg/kg, con un promedio de 0.025 mg/kg, que también se encontraron por debajo del umbral de 0.2 mg/kg, .

En 2013, un estudio en la cuenca del río Napo reportó concentraciones de mercurio en agua entre 0.023 y 0.027 mg/L (promedio 0.024 mg/L), superando tanto el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para conservación de la vida acuática (0.0001 mg/L) como el Límite Máximo Permissible para agua potable. En peces como bagre, lisa y sábalo, los niveles oscilaron entre 0.004 y 1.936 mg/kg (promedio 0.607 mg/kg) superiores al límite recomendado por la OMS (0.5 mg/kg). Los autores concluyeron que los valores reportados representan un riesgo para la salud humana y la vida silvestre, y recomendaron ampliar la vigilancia ambiental incluyendo otros bioindicadores (Rengifo & Reyes, 2016). Aunque los valores reportados en el río Napo son mayores que los del Nanay, es importante precisar que pertenecen a sistemas fluviales distintos, por lo que no deben compararse directamente, ya que cada río puede presentar características propias y variaciones naturales en las concentraciones de mercurio.

Años después, Webb et al. (2015) incluyeron el río Napo, en un estudio que evaluó la acumulación de mercurio en peces amazónicos en cuencas con historial de actividad petrolera. Utilizaron a *Hoplias malabaricus* (Fasaco) como especie bioindicadora y detectaron concentraciones superiores al límite recomendado por la OMS (0.5 mg/kg) en otras especies piscívoras residentes como *Serrasalmus spilopleura* (Piraña) y *Rhaphiodon vulpinus* (Chambira). Aunque el estudio no identificó eventos recientes de contaminación por actividad petrolera en esta cuenca, los autores sugirieron que la exposición al mercurio podría estar vinculada a fuentes crónicas asociadas a la extracción de hidrocarburos, como pozas sin recubrimiento o quemadas abiertas de gas.

La información generada constituye un punto de partida valioso, sin embargo, también revela vacíos en el monitoreo que dificulta el análisis integral de los datos generados. Parte de estas limitaciones se relacionan especialmente con la falta de datos continuos en el tiempo y por el uso de matrices que no siempre reflejan adecuadamente el riesgo de exposición. En el documento técnico de referencia "*Monitoreo de mercurio en y alrededor de sitios de Minería de Oro Artesanal y en Pequeña Escala*", se señala que el mercurio presente en el agua no se encuentra en su forma biodisponible (metilmercurio) y aparece en concentraciones muy bajas, lo que dificulta su detección (Secretariado de la Convención de Minamata sobre el Mercurio, 2025). Por ello, recomienda complementar su evaluación con matrices bióticas que permitan evidenciar de manera más precisa la acumulación del contaminante y su riesgo

para la salud. Asimismo, destaca que la ingesta de agua no constituye una vía significativa de exposición al mercurio para las poblaciones humanas, siendo el consumo de pescado la principal fuente de riesgo.

Dado lo complejo que es el ciclo del mercurio y las dificultades para monitorearlo en zonas tropicales, es importante considerar el análisis simultáneo de diferentes matrices como el agua, los sedimentos y la biota. Aunque no siempre es posible evaluarlas todas al mismo tiempo, incorporar más de una permite tener una visión más completa sobre una posible contaminación y entender mejor cómo se comporta el mercurio en los ecosistemas amazónicos (Secretariado de la Convención de Minamata sobre el Mercurio, 2025). Esto contribuye a construir una base más sólida para futuras evaluaciones.



*Los ríos de Loreto sostienen una gran diversidad biológica y son fundamentales para la subsistencia de las comunidades locales. Fuente: CINCIA*

## V. Estudio reciente sobre exposición a mercurio en Loreto



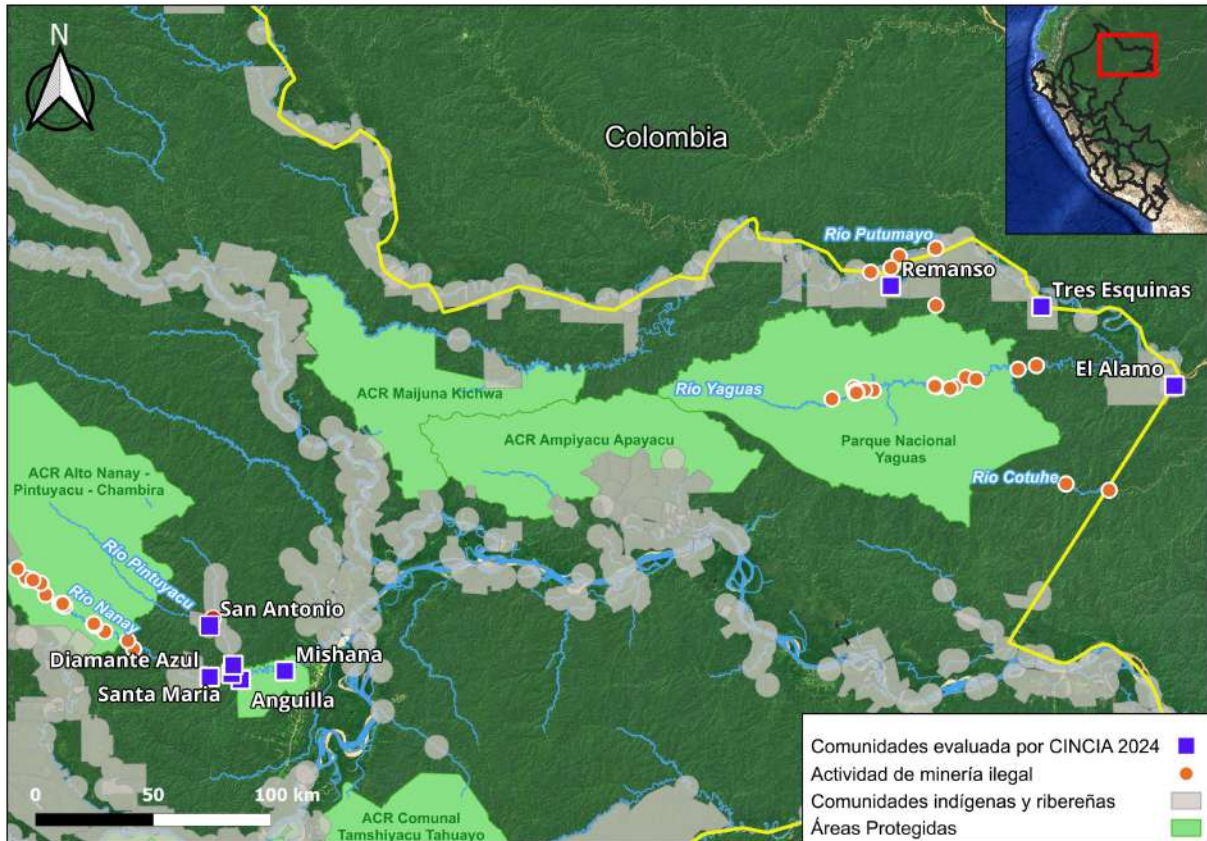


Taller de entrega de resultados del estudio sobre niveles de mercurio en comunidades de Loreto. Fuente: CINCIA

La expansión reciente de la minería en varias cuencas de Loreto, evidenciada por el aumento de la presencia de dragas y la deforestación de áreas boscosas, ha hecho necesaria la actualización de la información generada años atrás. En este contexto, el Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), en colaboración con la Sociedad Zoológica de Frankfurt (FZS - Perú) realizó una evaluación de línea base sobre mercurio en poblaciones humanas, peces y sedimentos. Esta evaluación se realizó en el marco del proyecto “Reduciendo el avance de la minería ilegal de oro y sus impactos en áreas prioritarias de biodiversidad, corredores de conservación y paisajes transfronterizos de Colombia, Perú y Brasil”, implementado por la Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible Perú (FCDS) y financiado por la Fundación Gordon & Betty Moore. Esta evaluación se desarrolló considerando la recolección simultánea de tres matrices (cabello humano, músculo de peces y sedimentos) en las cuencas estudiadas. Además, se incluyó un muestreo de peces en ocho mercados de Loreto, en colaboración con el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Su objetivo es generar información que sirva como punto de partida para futuras acciones de monitoreo y gestión ambiental en la región.

## Metodología

### 1. Área de estudio



**Figura 3.** Mapa de ubicación de áreas donde se ha detectado actividades de minería ilegal (naranja) entre 2015 - 2024 (Proyecto Monitoreo de la Amazonía Andina - MAAP y Sociedad Zoológica de Frankfurt - FZS Perú) y áreas cubiertas por el monitoreo de CINCIA en 2024 (azul). También se observan áreas protegidas y comunidades indígenas afectadas por la actividad minera.

El estudio se desarrolló en la región Loreto, al noreste de la Amazonía peruana. Se evaluó seis comunidades de las cuencas Nanay - Pintuyacu: Anguilla, Diamante Azul, Mishana, San Antonio de Pintuyacu, San Juan de Raya, Santa María y tres comunidades de la cuenca del Bajo Putumayo: El Álamo, Remanso y Tres Esquinas (Figura 3).

Ambas cuencas albergan ecosistemas acuáticos diversos, como ríos y cochas, esenciales para la biodiversidad y el bienestar de las comunidades locales. Además, incluyen territorios dentro de Áreas Naturales Protegidas, como la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, el Área de Conservación Regional Alto Nanay - Pintuyacu - Chambira (cuencas Nanay - Pintuyacu), así como el Parque Nacional Yaguas y el Parque Nacional Güeppí - Sekime, las Reservas Comunales Airo Pai y Huimeki (cuenca Bajo Putumayo) (Figura 3) .

Estas zonas fueron seleccionadas debido a la creciente preocupación por el avance de actividades de

minería ilegal de oro, particularmente en la cuenca del Nanay y su potencial impacto sobre ecosistemas sensibles y comunidades cercanas, muchas de ellas indígenas y ribereñas. En el caso del Bajo Putumayo, la selección respondió a la inquietud expresada por la Federación de Comunidades Indígenas del Bajo Putumayo (FECOIBAP) transmitida a la Sociedad Zoológica de Frankfurt ante la presencia creciente de dragas en la cuenca y la necesidad de conocer los niveles de exposición al mercurio en sus territorios.

Además, se realizó un muestreo de ocho mercados en Loreto para evaluar las concentraciones de mercurio en peces comercializados, los cuales provienen de diversas cuencas de la región.



*Investigadoras recolectan peces en un mercado de Loreto, que posteriormente fueron analizados para evaluar los niveles de mercurio en especies consumidas por la población. Fuente: Pablo E. Puertas / CINCIA.*

## 2. Recolección de muestras



*Recolección de muestras de mechón de cabello para medir niveles de mercurio en comunidades que participaron del estudio. Fuente: CINCIA*

Se realizó una visita de campo en 2024 como parte de un esfuerzo por establecer una línea de base ambiental en contextos de alta vulnerabilidad ecológica y social, donde se muestrearon tres matrices: cabello humano, músculo de pescado y

*“ El cabello es conocido como un biomarcador confiable para evaluar la exposición al metilmercurio, especialmente por el consumo de pescado contaminado ”*

**Cabello humano:** Las muestras de cabello fueron recolectadas en personas adultas previa firma de un consentimiento de participación en el estudio y en el caso de menores de edad los padres firmaron una autorización. La colecta consistió en cortar mechón de cabello de aproximadamente 1 cm de grosor desde la zona de la nuca, lo más cercano posible al cuero cabelludo.

El cabello es conocido como un biomarcador confiable para evaluar la exposición al metilmercurio, especialmente por el consumo de pescado contaminado. Dado que el metilmercurio se incorpora al cabello durante su crecimiento, este indicador permite estimar la exposición acumulada en semanas o meses previos, dependiendo del largo del mechón analizado (OMS, 2008). Por ello, su uso es especialmente relevante en contextos de exposición en comunidades ribereñas amazónicas, donde el pescado es un componente fundamental de la dieta.

**Peces:** Se recolectaron peces en los lugares de pesca habitualmente utilizados por las comunidades, con el objetivo de asegurar que las muestras fueran representativas de su dieta real. De cada ejemplar se extrajo tejido muscular de la región dorsal, priorizando las especies de consumo frecuente. El mismo tipo de muestra fue obtenido de peces comercializados en los ocho mercados evaluados. Las muestras fueron guardadas en bolsas ziplock con los datos asociados al pez (lugar, especie, longitud y peso), luego fueron conservadas en frío hasta su traslado al laboratorio para análisis.

**Sedimentos:** Las muestras de sedimento fueron recolectadas con ayuda de una draga tipo Ekman, en cuerpos de agua representativos de cada sitio (ríos y cochas), y al mismo tiempo fueron registrados parámetros químicos en el agua (pH, turbidez y oxígeno disuelto). Las muestras se almacenaron en bolsas ziploc que luego fueron rotuladas con los datos del lugar. Posteriormente, se conservaron en frío hasta su procesamiento en laboratorio.

### 3. Análisis de laboratorio

Todas las muestras fueron analizadas en la sala de mercurio del Laboratorio de Calidad Ambiental, cogestionado por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) y CINCIA, ubicado en Iquitos. Para la determinación de mercurio total se utilizó un Analizador Directo de Mercurio DMA-80 (Milestone), que emplea la técnica de espectrofotometría de absorción atómica y siguiendo el método EPA 7374, sin necesidad de digestión previa (USEPA, 2007). Los análisis incluyeron controles de calidad, materiales de referencia certificados y lecturas por duplicado o triplicado según el protocolo “M-002: Guía Operacional del Equipo Milesto Direct Mercury Analyzer DMA-80” del Centro de Innovación Científica Amazónica que sigue estándares internacionales de precisión y exactitud.



*Los ríos de Loreto sostienen una gran diversidad biológica y son fundamentales para la subsistencia de las comunidades locales. Fuente: CINCIA*

## ■ Resultados



*Lectura de resultados sobre niveles de mercurio a personas que participaron del estudio. Fuente: CINCIA*

### 1. Humanos

Loreto es la región con el mayor consumo per cápita de productos hidrobiológicos en el país. El Ministerio de la Producción (PRODUCE, 2015) ha estimado un promedio de consumo de 51.6 kg por persona al año, más del triple del consumo promedio nacional de 15.4 kg. La pesca, además de ser una de las principales actividades económicas de la región, sustenta la dieta del 90 % de la población ribereña y del 70 % de la población urbana. En ciudades como Iquitos, el consumo per cápita de pescado se ha estimado entre 19.6 y 36 kg/año, mientras que en comunidades ribereñas puede alcanzar entre 56 y 101 kg/año (IIAP, 2009).

En este contexto, el pescado representa la principal fuente de proteína animal, por lo que el riesgo de exposición al mercurio puede ser especialmente elevado en esta región. Las poblaciones más vulnerables a la exposición al mercurio incluyen mujeres embarazadas, ya que el metilmercurio atraviesa la placenta y puede afectar el desarrollo neurológico del feto. También se incluye a niños pequeños, quienes son más susceptibles a los efectos neurotóxicos del mercurio, lo que puede provocar déficit cognitivo, alteraciones motoras y problemas de aprendizaje.

*“ Loreto es la región con el mayor consumo per cápita de productos hidrobiológicos del país. Al ser el pescado la principal fuente de proteína en la región, el riesgo de exposición al mercurio es especialmente elevado”*

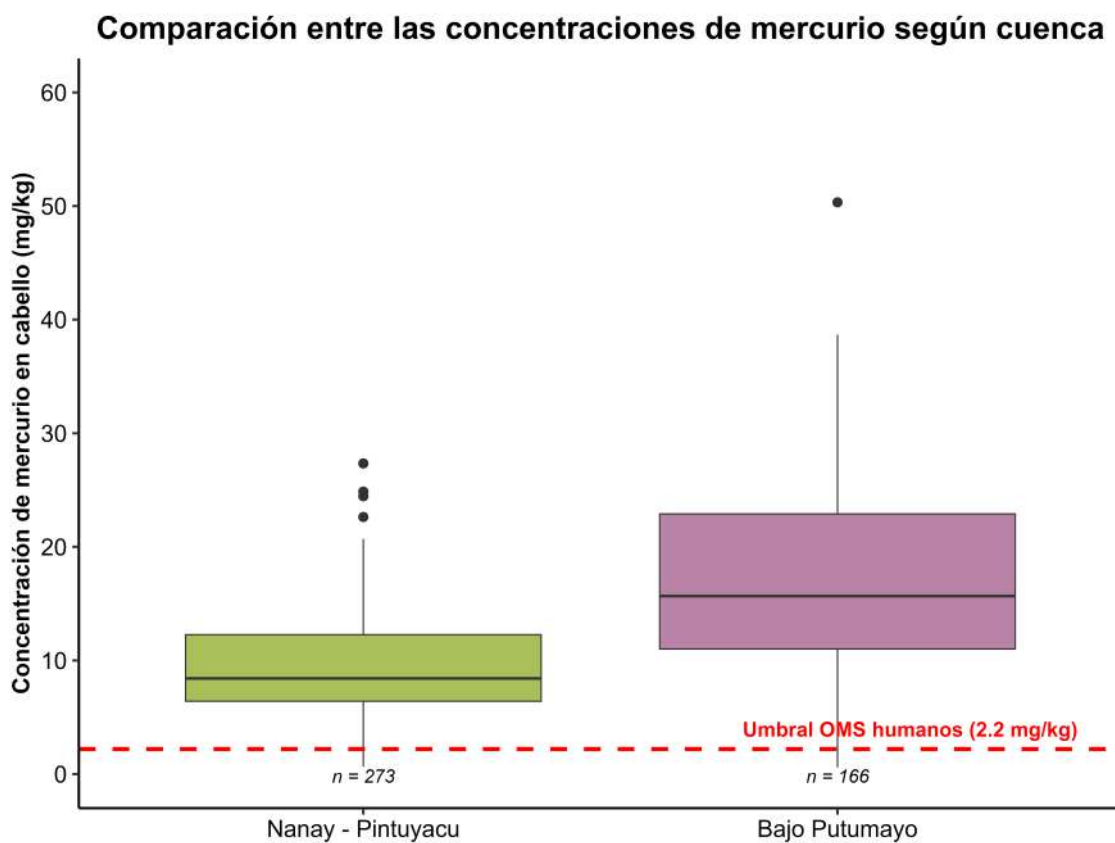
Si bien en Loreto aún no se han reportado estudios específicos sobre los efectos del mercurio. Se conoce que la exposición a mercurio representa un riesgo significativo para las poblaciones que consumen pescado de manera frecuente.

## 1.1. Evaluación de mercurio en cabello humano en cuencas del Bajo Putumayo y Nanay - Pintuyacu

En todo el estudio, las concentraciones de mercurio en cabello humano ( $n = 439$ ) se encontraron en un rango de 0.59 a 50.33 mg/kg con un valor medio de 10.75 mg/kg.

La cuenca del Bajo Putumayo presentó un valor medio de mercurio en cabello humano de casi el doble que el registrado en Nanay - Pintuyacu (15.67 mg/kg vs. 8.41 mg/kg), lo que evidencia una mayor exposición de la población (Figura 4).

*“Putumayo registra las concentraciones más altas de mercurio en cabello, estas son casi el doble de lo registrado en Nanay”*



**Figura 4.** Concentración de mercurio en cabello humano (mg/kg) por cuenca. Se observó una diferencia significativa entre ambas cuencas, donde el Bajo Putumayo presenta un valor medio dos veces más alto que Nanay - Pintuyacu. La línea roja punteada indica el umbral establecido por la OMS para concentración de mercurio en cabello humano (2.2 mg/kg). Cada caja muestra el rango intercuartílico (50% central de la población), con la línea negra en medio representando la mediana. Los bigotes indican el rango de distribución de valores, y los puntos individuales representan casos con niveles atípicos.  
 $n =$  número de individuos.

## a) Cuenca del Bajo Putumayo

En esta cuenca, los niveles de mercurio en cabello presentaron concentraciones entre 0.59 y 50.3 mg/kg con un valor medio de 15.67 mg/kg. Estos resultados representan el doble del valor medio reportado para la cuenca del Nanay (Vega et al., 2025).

Se encontraron diferencias significativas entre las tres comunidades estudiadas, donde Tres Esquinas presentó las concentraciones más altas, con un valor medio de 19 mg/kg, seguida de El Álamo con 17.69 mg/kg, mientras que Remanso mostró el valor más bajo con 14.22 mg/kg (Figura 5). Estas diferencias parecen estar vinculadas con la disponibilidad y diversidad de alimentos en cada localidad. Si bien el patrón dietario (alto consumo de peces en su mayoría predadores) constituye una de las principales causas asociadas a los niveles de mercurio, también se debe considerar otros factores como el aislamiento geográfico que pueden limitar el acceso a recursos alimenticios variados. La comunidad de Remanso se encuentra cerca de El Estrecho, una localidad que cuenta con acceso aéreo regular por ser la capital de la provincia de Putumayo. Esta condición facilita el abastecimiento de productos, lo que brinda a los habitantes de Remanso un acceso relativamente mayor a otros alimentos y, por tanto, una dieta más variada. En cambio, en comunidades más alejadas como Tres Esquinas y El Álamo, donde el acceso a otros alimentos es más limitado, la dieta es menos diversa y la población depende en mayor medida del pescado, lo que podría incrementar su exposición al mercurio (Figura 5). Este patrón ha sido descrito en estudios en la Amazonía brasileña, donde se ha observado que los niveles de mercurio en cabello tienden a incrementarse en comunidades ribereñas a medida que aumenta la distancia con respecto a centros urbanos o a mercados regionales, debido a su fuerte dependencia del pescado (Alves et al., 2006; Hacon et al., 2014).

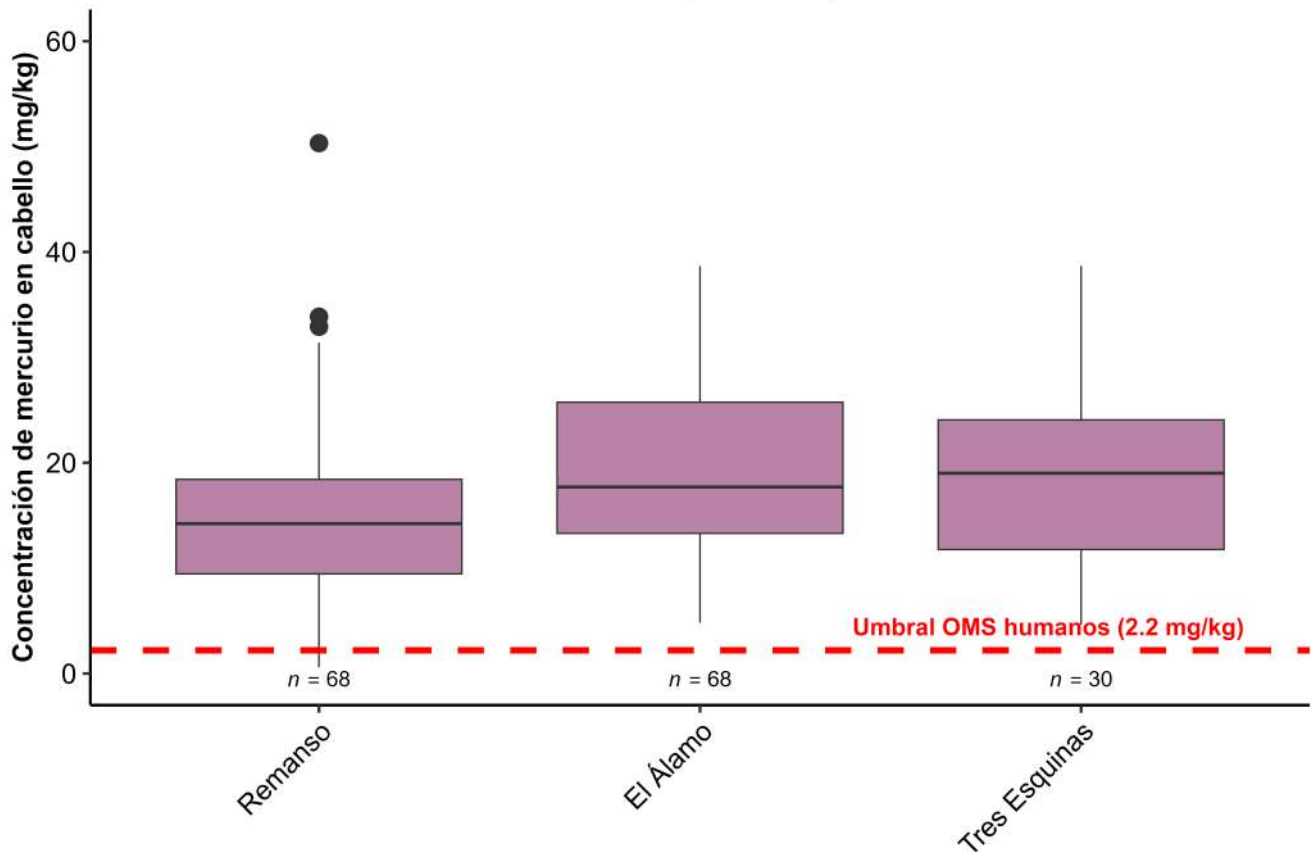
Por otro lado, factores ambientales como la hidrología de los ríos que incluyen la dinámica de inundaciones, la conectividad entre cuerpos de agua o la retención de materia orgánica, así como las condiciones físico químicas, pueden influir en la bioacumulación de mercurio en peces y ser transferido a los pobladores. Aunque estos aspectos no fueron evaluados directamente en el presente estudio, deben considerarse como elementos complementarios que podrían contribuir a la variabilidad observada en la exposición humana y que deberían ser mejor estudiados en futuras investigaciones.

Adicionalmente, al clasificar la población por sexo en la cuenca del Bajo Putumayo, no se observó diferencia significativa en las concentraciones entre hombres y mujeres. Sin embargo, al realizar la comparación de las concentraciones por grupo etario, sí se observó diferencias significativas entre los grupos, donde las personas de más de 65 años presentaron los valores medios más altos de esta cuenca. Los valores medios de todos los grupos etarios superaron el límite en cabello de 2.2 mg/kg sugerido por la OMS.

Es importante evaluar la exposición por grupo etario, ya que el impacto de la exposición depende de la etapa de vida en que el individuo ha sido expuesto. Se reconoce que hay grupos más vulnerables que otros, como es el caso del feto en formación y los niños en edad temprana, ya que se encuentran en una etapa de desarrollo del sistema nervioso, por lo que los efectos pueden ser irreversibles.

## Comparación entre las concentraciones de mercurio según comunidad

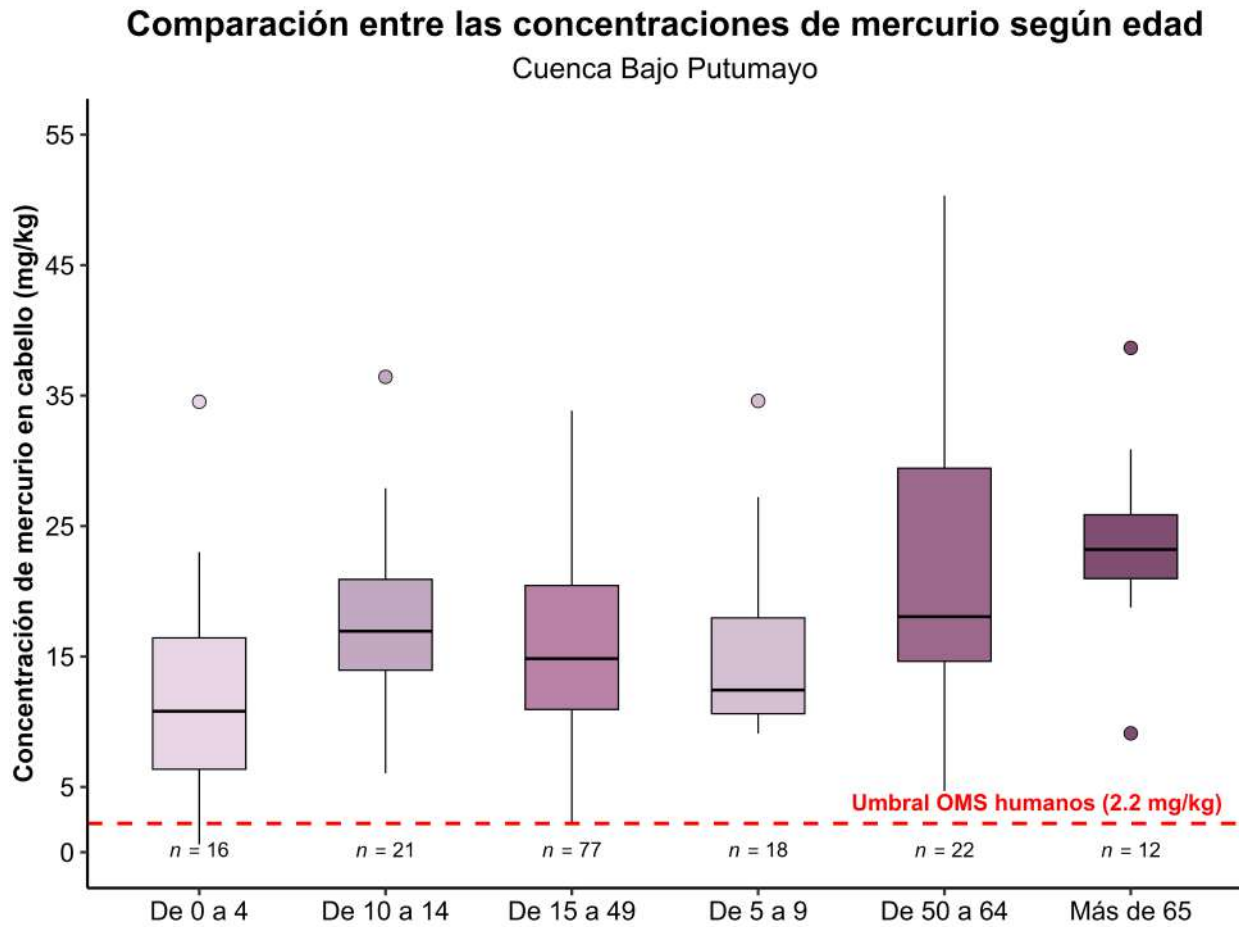
Cuenca Bajo Putumayo



**Figura 5.** Concentración de mercurio en cabello humano (mg/kg) por comunidad en la cuenca del Bajo Putumayo. Los valores medios más altos se registraron en Tres Esquinas (19 mg/kg). La línea roja punteada indica el umbral establecido por la OMS para concentración de mercurio en cabello humano (2.2 mg/kg). Cada caja muestra el rango intercuartílico (50 % central de la población), con la línea negra en medio representando la mediana. Los bigotes indican el rango de distribución de valores, y los puntos individuales representan casos con niveles atípicos.  
n = número de individuos.

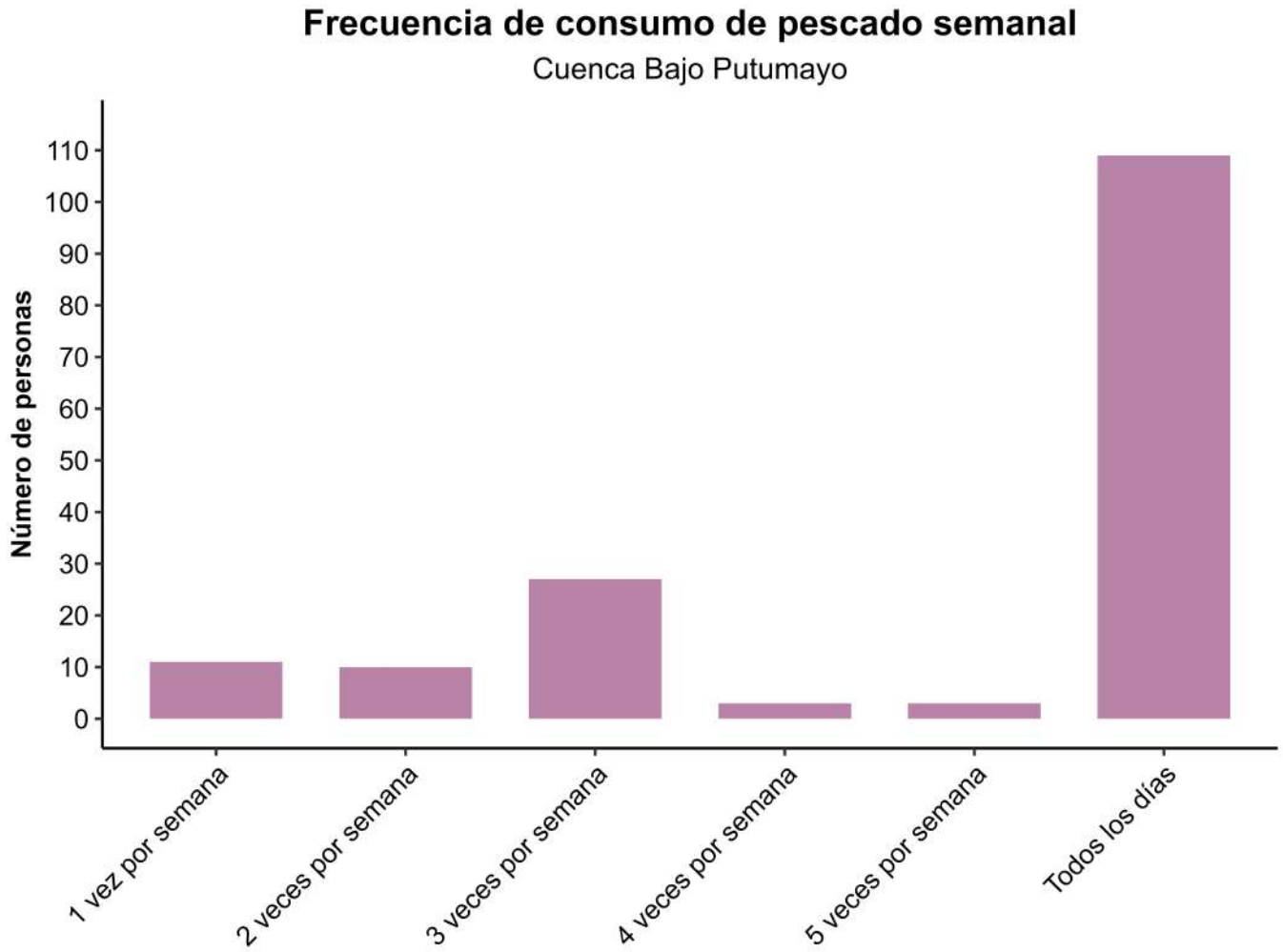
Al analizar a uno de los grupos prioritarios, las mujeres en edad reproductiva (15 a 49 años), se registraron concentraciones de mercurio en cabello entre 5.10 y 33.65 mg/kg, con un valor medio de 14.84 mg/kg. El 81 % de las mujeres evaluadas en este grupo presenta un riesgo alto para la salud, lo cual puede derivar en efectos adversos sobre la salud materno-infantil, incluyendo daños neurológicos irreversibles en el desarrollo fetal. Además, los niños de 0 a 4 años presentaron valores entre 0.59 y 34.53 mg/kg (valor medio de 10.81 mg/kg) (Figura 6). Estos valores representan un riesgo alto y medio para la salud de ambos grupos vulnerables, debido al potencial de manifestar efectos negativos en la salud, por lo que deberían ser considerados para una especial atención en estrategias de salud pública.

Con base en las encuestas realizadas en las comunidades, se reporta un alto consumo de pescado en pobladores del Bajo Putumayo. El 66% de la población que participó del estudio consume diariamente pescado de 2 a 3 veces al día (Figura 7). Las especies más consumidas incluyen Boquichico ( $n = 67$ ), Palometa ( $n = 25$ ) y Zúngaro ( $n = 16$ ). En este caso, el Zúngaro es una especie carnívora de alto nivel trófico, lo que podría explicar, en parte, los mayores niveles de mercurio detectados en esta población.



**Figura 6.** Concentraciones de mercurio en cabello humano (mg/kg) según grupo de edad en la cuenca del Nanay. En la mayoría de los grupos etarios, los valores superan el umbral de referencia de la OMS (2.2 mg/kg), indicado con una línea roja punteada. Se observa que los grupos de 50 a 64 años y mayores de 65 años presentan las medianas más altas. Cada caja representa el rango intercuartílico (50% central de la población), la línea negra indica la mediana, los bigotes muestran el rango total de valores y los puntos individuales corresponden a casos atípicos. n = número de individuos por categoría.

Los resultados orientan que la localización geográfica, el patrón dietario que incluye el consumo frecuente de pescado y la preferencia por especies carnívoras como el Zúngaro son algunos de los factores que pueden incidir en los altos niveles de mercurio registrado en el cabello de las personas evaluadas. Este patrón se alinea con la bioacumulación del metilmercurio en peces de alto nivel trófico y refuerza la influencia directa de la dieta en la exposición humana. Al mismo tiempo es importante estudiar con más precisión otros factores que pueden estar influenciando la bioacumulación y biomagnificación de mercurio en los recursos hidrobiológicos de la cuenca.



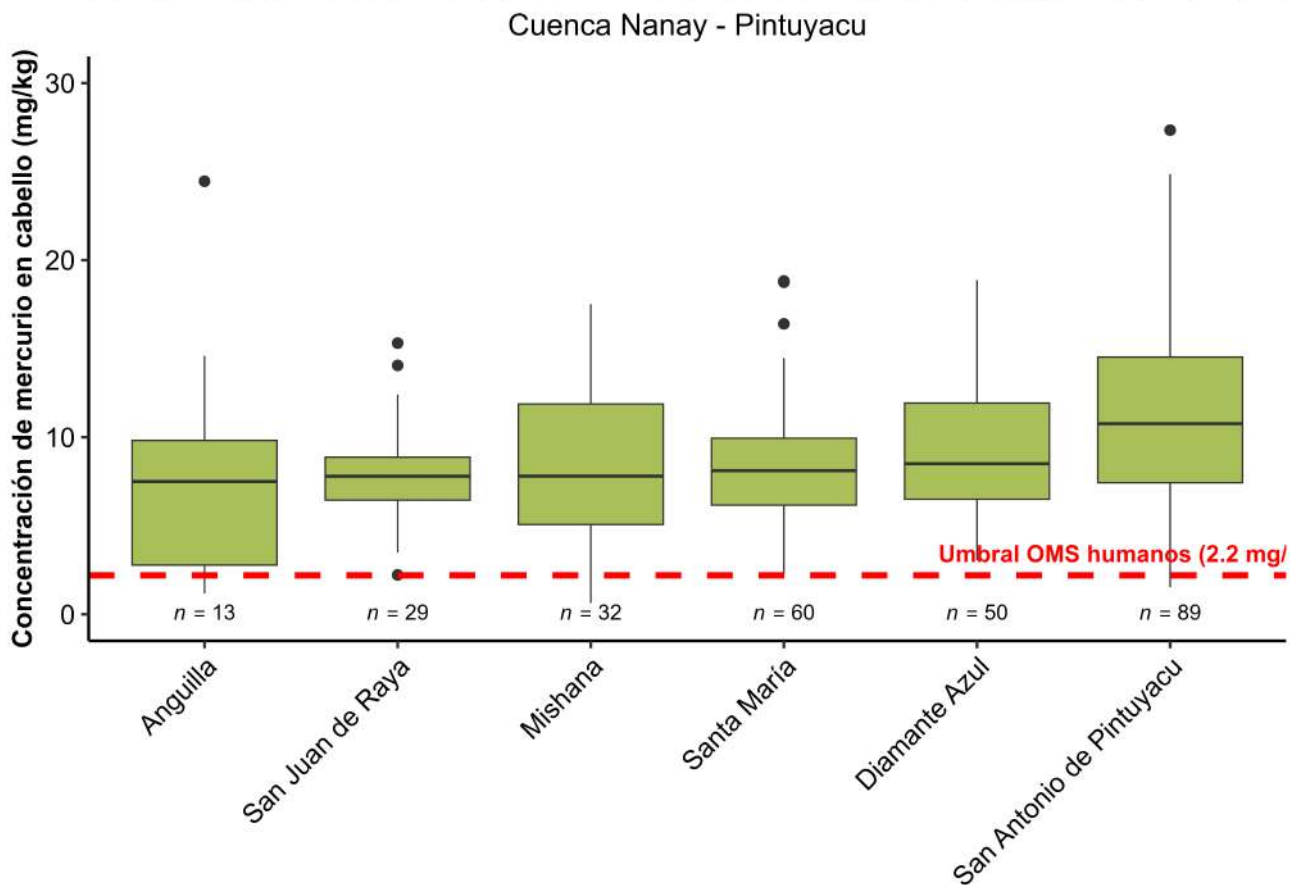
**Figura 7.** Relación entre la frecuencia semanal de consumo de pescado y las concentraciones de mercurio en cabello humano (mg/kg) en la cuenca del Bajo Putumayo. Se observa una alta proporción de personas que consumen pescado diariamente (n = 109).

## b) Cuenca del Nanay - Pintuyacu

En esta cuenca, las concentraciones de mercurio en cabello se encontraron entre 0.63 mg/kg - 27.34 mg/kg con un valor medio de 8.41 mg/kg .

A pesar de que la comunidad de San Antonio de Pintuyacu presentó los valores medios más altos de mercurio (10.76 mg/kg) y los valores más bajos se registraron en las comunidades de Anguilla (7.50 mg/kg), Mishana y San Juan de Raya (ambos con 7.80 mg/kg), no existe una diferencia significativa en la concentración de mercurio en cabello entre las comunidades (Figura 8).

### Comparación entre las concentraciones de mercurio según comunidad

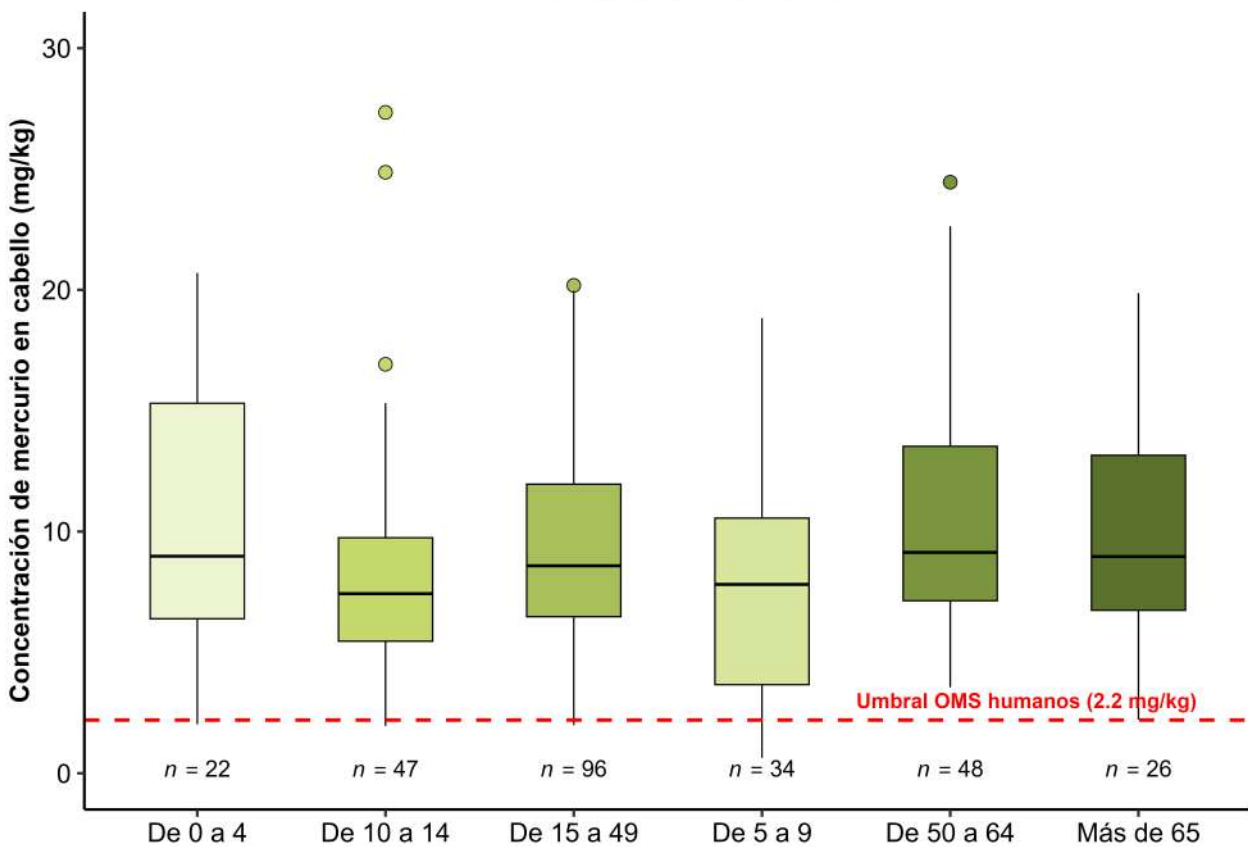


**Figura 8.** Concentración de mercurio en cabello humano (mg/kg) según grupo de edad y sexo en la cuenca del Nanay. Se observa que la mayoría de los valores superan el umbral de referencia de la OMS (2.2 mg/kg), indicado con una línea roja punteada. Cada caja muestra el rango intercuartílico (50 % central de la población), la línea negra representa la mediana, los bigotes indican el rango de valores, y los puntos individuales corresponden a casos con niveles atípicos.  
n = número

En todos los grupos etarios y en ambos sexos evaluados, las concentraciones de mercurio superaron el umbral de referencia de la OMS, lo que evidencia una exposición elevada y generalizada en la población, con énfasis particular en los grupos más vulnerables.

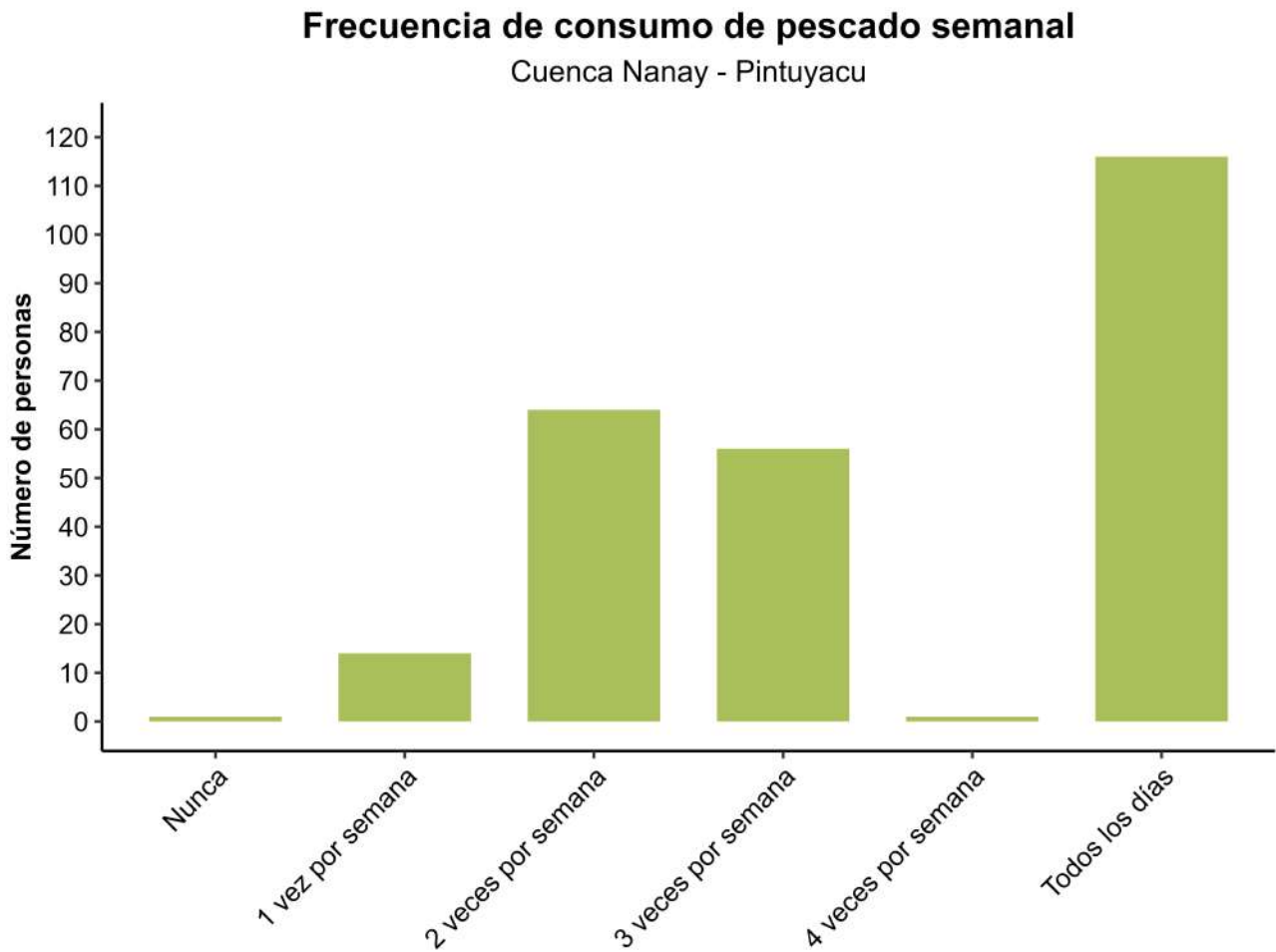
Se identificó que los niños de 0 a 4 años registraron concentraciones entre 2.03 y 20.70 (valor medio de 8.98) y el grupo de mujeres en edad reproductiva (de 15 a 49 años) presentaron concentraciones entre 1.99 y 20.19 mg/kg (valor medio de 8.31 mg/kg) (Figura 9). Es importante resaltar que en este último grupo, el 37 % de las mujeres presentó concentraciones > a 10 mg/kg, consideradas de alto riesgo para la salud. Aunque esta proporción es menor en comparación con Putumayo, sigue siendo motivo de preocupación debido a la especial vulnerabilidad de este grupo etario.

### Comparación entre las concentraciones de mercurio según edad Cuenca Nanay - Pintuyacu



**Figura 9.** Concentraciones de mercurio en cabello humano (mg/kg) según grupo de edad en la cuenca del Nanay. En la mayoría de los grupos etarios, los valores superan el umbral de referencia de la OMS (2.2 mg/kg), indicado con una línea roja punteada. Se observa que los grupos de niños de 0 a 4 años y los adultos mayores de 50 a más de 65 años presentan los valores medios más altos. Cada caja representa el rango intercuartílico (50 % central de la población), la línea negra indica la mediana, los bigotes muestran el rango total de valores y los puntos individuales corresponden a casos atípicos. n = número de individuos por categoría.

Los hábitos de consumo en Nanay muestran una alta frecuencia en la ingesta de pescado: el 43% de la población muestreada consume pescado entre dos y tres veces al día todos los días (Figura 10). Las especies más consumidas fueron Yaraqú ( $n = 117$ ), Bujurqui ( $n = 34$ ) y Fasaco ( $n = 34$ ). Aunque el Yaraqú y el Bujurqui son peces de niveles tróficos más bajos (detritívoros y omnívoros), el Fasaco es un pez carnívoro, lo que podría contribuir a la bioacumulación de mercurio en la población.



**Figura 10.** Relación entre la frecuencia semanal de consumo de pescado y las concentraciones de mercurio en cabello humano (mg/kg) en la cuenca del Bajo Putumayo. Se observa una alta proporción de personas que consumen pescado diariamente (n = 116).

En el Bajo Putumayo, la mayoría de personas consume pescado con más frecuencia a diferencia de la población de Nanay - Pintuyacu. Esta mayor frecuencia de ingesta, combinada con el consumo predominante de especies carnívoras en esta cuenca, podría estar contribuyendo a una mayor acumulación de mercurio en la población.

*“ En la cuenca del Bajo Putumayo, la frecuencia de ingesta, combinada con el consumo predominante de especies carnívoras, podría contribuir a una mayor acumulación de mercurio en las comunidades evaluadas”*

## 1.2. Niveles de riesgo de la exposición a mercurio

### a) Clasificación e interpretación de niveles de riesgo para la salud

Se realizó la clasificación de los niveles de riesgo basado en valores de concentración de mercurio en cabello definidos a partir de evidencia científica e instancias internacionales como la OMS.

**Nivel Bajo (Menos de 2 mg/kg):** Este nivel representa una exposición baja al mercurio. Si bien no se ha definido un umbral de seguridad en cabello, existen estimaciones realizadas donde se ha establecido una ingesta semanal tolerable provisional (PTWI) de 1.6 µg/kg de peso corporal, establecida por el Comité Conjunto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA). Este valor corresponde aproximadamente a una concentración de 2 mg/kg en cabello (OMS, 2006).

Este valor tiene objetivos de protección, tomando como base estudios en los que se observaron efectos adversos a concentraciones más elevadas.

**Nivel Aceptable (Entre 2 y 6 mg/kg):** Este rango representa niveles de exposición al mercurio que, si bien superan el valor de referencia estimado por el JECFA (2.2 mg/kg), aún se encuentran por debajo del umbral asociado a efectos clínicos evidentes en la población general (OMS, 2006). Estudios realizados en poblaciones de las Islas Seychelles en el Océano Índico y en comunidades nativas americanas de Canadá, donde el consumo de pescado es elevado, sugieren que las personas con concentraciones de mercurio en cabello dentro de este rango han presentado posibles efectos sutiles, como ligeras alteraciones en la atención visual, la actividad o la comprensión auditiva, particularmente en niños (Centro de Seguridad y Salud Ocupacional y Ambiental de los Grandes Lagos et al., 1996).

**Nivel medio (Entre 6 y 10 mg/kg):** Este rango representa una exposición más elevada al mercurio, en la que la evidencia científica empieza a mostrar efectos sobre la salud, particularmente en el desarrollo infantil. En este rango, un estudio realizado en Nueva Zelanda, referido por el Centro de Seguridad y Salud Ocupacional y Ambiental de los Grandes Lagos (1996) y considerado en la revisión de la OMS & PNUMA (2008), encontró que niños entre 4 y 7 años cuyas madres tenían niveles de mercurio en cabello por encima de 6 mg/kg (con un promedio cercano a 9 mg/kg) presentaron una asociación negativa con el desarrollo neuropsicológico, esto se traduce en un posible impacto en habilidades como la atención, la memoria o el aprendizaje. Aunque el estudio no reportó efectos significativos, estos resultados sugieren una posible afectación leve del desarrollo infantil relacionada con la exposición prenatal al mercurio.

Este nivel no se vincula directamente con manifestaciones neurológicas evidentes, pero sí implica una exposición preocupante, especialmente si se prolonga en el tiempo o afecta a personas en etapas críticas del desarrollo, como la infancia o la gestación.

**Nivel Alto (>10 mg/kg):** Este nivel representa una exposición elevada al mercurio que ha sido asociada

con efectos adversos observados en el desarrollo fetal y neurológico, especialmente cuando la exposición ocurre durante el embarazo. Gilbert y Grant-Webster (1995), en una revisión de estudios citada por el Centro de Seguridad y Salud Ocupacional y Ambiental de los Grandes Lagos (1996), señalaron que concentraciones promedio entre 10 y 20 mg/kg en cabello materno podrían ser potencialmente perjudiciales para el desarrollo fetal, por su asociación con disminución del rendimiento en pruebas cognitivas. Aunque estos estudios no describen cuadros clínicos severos como los observados en casos históricos como Minamata, sí sugieren alteraciones medibles en el neurodesarrollo que pueden tener consecuencias duraderas si no se interviene oportunamente.

## b) Niveles de riesgo para la salud de la población muestreada

De las 439 personas evaluadas, más del 85 % de las personas evaluadas presentan niveles de mercurio en cabello que podrían representar un riesgo para la salud humana, reflejando una exposición generalizada en la población analizada. Presentando más de la mitad (54.2 %) el nivel de riesgo “Alto” por exposición al mercurio, y un 31 % presentó un riesgo “Medio”. Solo el 13 % de los participantes se encontró en el nivel “Aceptable” y apenas el 2 % en el nivel “Bajo” (Tabla 1).

Al clasificar los resultados por cuenca (Tabla 1), se observa que la distribución del riesgo por exposición a mercurio difiere entre cuencas. En el Bajo Putumayo, la mayoría de la población evaluada (83 %) se encuentra en el nivel de riesgo “Alto”, lo que evidencia una mayor exposición. En contraste, en Nanay - Pintuyacu predomina el riesgo “Medio” (42 %) y el riesgo “Alto”, solo alcanza un 37%. Esta diferencia resalta la necesidad de enfoques diferenciados en el monitoreo y atención en salud, especialmente en la cuenca del Bajo Putumayo.

**Tabla 1.** Clasificación del riesgo para la salud por exposición a mercurio en las cuencas Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo.

| Cuenca                   | Bajo      | %         | Aceptable | %          | Medio      | %          | Alto       | %          | Total de individuos |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| <b>Bajo Putumayo</b>     | 1         | 1%        | 7         | 4%         | 21         | 13%        | 137        | 83%        | 166                 |
| <b>Nanay - Pintuyacu</b> | 9         | 3%        | 49        | 18%        | 114        | 42%        | 101        | 37%        | 273                 |
| <b>TOTAL</b>             | <b>10</b> | <b>2%</b> | <b>56</b> | <b>13%</b> | <b>135</b> | <b>31%</b> | <b>238</b> | <b>54%</b> | <b>439</b>          |

Al clasificar por comunidades, encontramos que la exposición más elevada al mercurio se concentra en las comunidades del Bajo Putumayo. En Tres Esquinas, El Álamo y Remanso, más del 70% de las personas estudiadas se encuentran en el nivel de riesgo “Alto”, lo que evidencia una exposición generalizada y de alto riesgo para la salud en esta cuenca. En el Nanay, San Antonio de Pintuyacu también mostró una proporción considerable (56 %) en este nivel. En contraste, comunidades como San Juan de Raya y Santa María presentaron mayores proporciones en el nivel “Medio”, mientras que Diamante Azul, Anguilla y Mishana destacaron por registrar más personas en niveles “Aceptable” o “Bajo”. Aunque el nivel de exposición es menor en las comunidades del Nanay - Pintuyacu, sigue siendo

motivo de atención. Estas diferencias podrían estar asociadas a patrones dietarios o condiciones locales que regulan la exposición al mercurio y que es importante entender para crear estrategias de gestión de riesgo (Tabla 2).

**Tabla 2.** Clasificación del riesgo para la salud por exposición a mercurio en cabello humano, según comunidad y cuenca (Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo).

| Cuenca            | Comunidad                | Nivel de riesgo para la salud |           |           |            |            |            |            |            | Total de individuos |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|
|                   |                          | Bajo                          | %         | Aceptable | %          | Medio      | %          | Alto       | %          |                     |
| Bajo Putumayo     | El Álamo                 | 0                             | 0%        | 1         | 1%         | 4          | 6%         | 63         | 93%        | 68                  |
|                   | Remanso                  | 1                             | 1%        | 4         | 6%         | 14         | 21%        | 49         | 72%        | 68                  |
|                   | Tres Esquinas            | 0                             | 0%        | 2         | 7%         | 3          | 10%        | 25         | 83%        | 30                  |
| Nanay - Pintuyacu | Anguilla                 | 3                             | 23%       | 2         | 15%        | 5          | 38%        | 3          | 23%        | 13                  |
|                   | Diamante Azul            | 0                             | 0%        | 12        | 24%        | 21         | 42%        | 17         | 34%        | 50                  |
|                   | Mishana                  | 3                             | 9%        | 7         | 22%        | 12         | 38%        | 10         | 31%        | 32                  |
|                   | San Antonio de Pintuyacu | 3                             | 3%        | 8         | 9%         | 28         | 31%        | 50         | 56%        | 89                  |
|                   | San Juan de Raya         | 0                             | 0%        | 6         | 21%        | 17         | 59%        | 6          | 21%        | 29                  |
|                   | Santa María              | 0                             | 0%        | 14        | 23%        | 31         | 52%        | 15         | 25%        | 60                  |
| <b>TOTAL</b>      |                          | <b>10</b>                     | <b>2%</b> | <b>56</b> | <b>13%</b> | <b>135</b> | <b>31%</b> | <b>238</b> | <b>54%</b> | <b>439</b>          |

La exposición al mercurio representa un riesgo significativo para la salud humana, por lo que las medidas de prevención deben aplicarse según la magnitud del riesgo. Ante exposiciones bajas, se recomienda mantener la vigilancia comunitaria, promover la educación sobre prácticas seguras de consumo y fortalecer la comunicación de riesgos, especialmente en comunidades con alta dependencia del pescado. A medida que la exposición se incrementa, estas acciones deben intensificarse mediante evaluaciones periódicas de salud, reducción del consumo de especies carnívoras y la implementación de mecanismos de atención preventiva. En contextos de mayor exposición, se recomienda implementar seguimiento médico especializado, monitoreo ambiental continuo y estrategias de prevención focalizadas en poblaciones vulnerables como mujeres en edad fértil, gestantes, niñas y niños.

### 1.3. Grupos prioritarios para monitoreo de exposición al mercurio

Los resultados del estudio evidencian niveles elevados de mercurio en diferentes grupos de la población evaluada. La identificación de los grupos más expuestos es fundamental para orientar estrategias de vigilancia y prevención. A continuación, se describen los principales grupos que deben ser priorizados en el monitoreo de exposición al mercurio, considerados tanto por las concentraciones presentadas como por su vulnerabilidad fisiológica.

## a) Mujeres en edad reproductiva

Las mujeres en edad reproductiva (de 15 a 49 años) constituyen un grupo crítico debido a que la exposición al metilmercurio durante el embarazo, atraviesa la placenta y puede afectar el desarrollo neurológico del feto.

La exposición prenatal al metilmercurio está asociada con alteraciones cognitivas, motoras y conductuales irreversibles. Por tanto, este grupo debe ser considerado de alta prioridad para intervenciones de reducción de la exposición y programas de educación alimentaria.

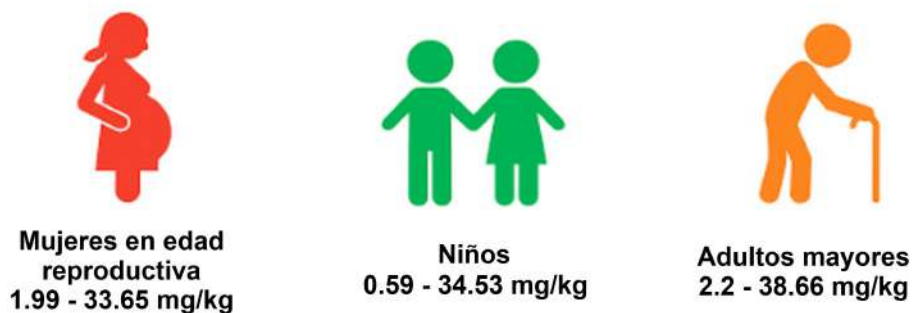
*“ Las mujeres en edad reproductiva (15 a 49 años) son un grupo prioritario, ya que el metilmercurio atraviesa la placenta durante el embarazo y puede provocar alteraciones cognitivas, motoras y conductuales irreversibles en el feto”*

## b) Niños

Los niños de 0 a 4 años, presentaron valores medios elevados de mercurio lo cual es preocupante debido a que la exposición al metilmercurio durante las primeras etapas del desarrollo puede tener consecuencias severas y duraderas sobre la función neurológica, afectando el aprendizaje, la memoria, el comportamiento y las habilidades motoras. Es fundamental priorizar este grupo en las acciones de vigilancia biomédica, así como en los esfuerzos de sensibilización comunitaria y de modificación de patrones dietarios.

## c) Adultos mayores

Los adultos mayores deben ser considerados una población prioritaria en las estrategias de prevención frente a la exposición al mercurio. Estudios recientes han demostrado que este metal tiende a acumularse progresivamente en órganos como el cerebro, riñón y páncreas, alcanzando picos entre los 60 y 80 años de edad (Pamphlett, 2021). Esta acumulación podría estar relacionada con una mayor vulnerabilidad a enfermedades crónicas y neurodegenerativas propias del envejecimiento. Por ello, reducir la exposición a lo largo de la vida y fortalecer la atención en esta etapa resulta clave para proteger su salud y calidad de vida.



**Proteger a la niñez frente a la exposición crónica al mercurio es, por tanto, una condición fundamental para garantizar el bienestar presente y futuro de estas generaciones.**

Figura11. Grupos vulnerables a priorizar en monitoreos sobre exposición al mercurio

## 2. Mercurio en peces

En los peces, el mercurio se encuentra predominantemente en su forma orgánica, el metilmercurio (MeHg), que es altamente tóxico, y al ser consumido por el hombre, es absorbido por la vía digestiva, lo que incrementa su impacto en su salud. Los peces son bioindicadores clave de la contaminación por mercurio, ya que este metal se bioacumula en sus tejidos y se biomagnifica en la cadena alimenticia, alcanzando concentraciones más altas en los niveles tróficos superiores (Wiener et al., 2003). Las especies carnívoras y longevas tienden a acumular mayores concentraciones de mercurio debido a su dieta basada en otros peces que a su vez acumulan mercurio.

*“ El alto consumo de pescado en la región requiere evaluar los niveles de mercurio en las especies de la dieta y sus variaciones, para identificar opciones de consumo más seguras”*

*“ Las especies carnívoras y longevas concentran más mercurio por alimentarse de otros peces que a su vez acumulan mercurio. Esta acumulación progresiva, representa un riesgo para la fauna acuática y para los seres humanos”*

Este proceso de acumulación progresiva representa un riesgo tanto para la fauna acuática como para los seres humanos que en caso de comunidades amazónicas, dependen del pescado como fuente principal de alimento. El consumo de pescado en la Amazonía peruana es una de las principales vías de exposición al mercurio para la población local, estimando que las comunidades ribereñas consumen hasta 101 kg/año (IIAP, 2009).

Esto resalta la importancia de evaluar los niveles de mercurio en las especies que forman parte de la dieta habitual y también entender la distribución del metal en la biodiversidad pesquera para encontrar opciones más seguras de consumo para la población. En este contexto, el monitoreo de las concentraciones de mercurio en peces es fundamental para comprender el grado de exposición de la población y los posibles riesgos asociados.

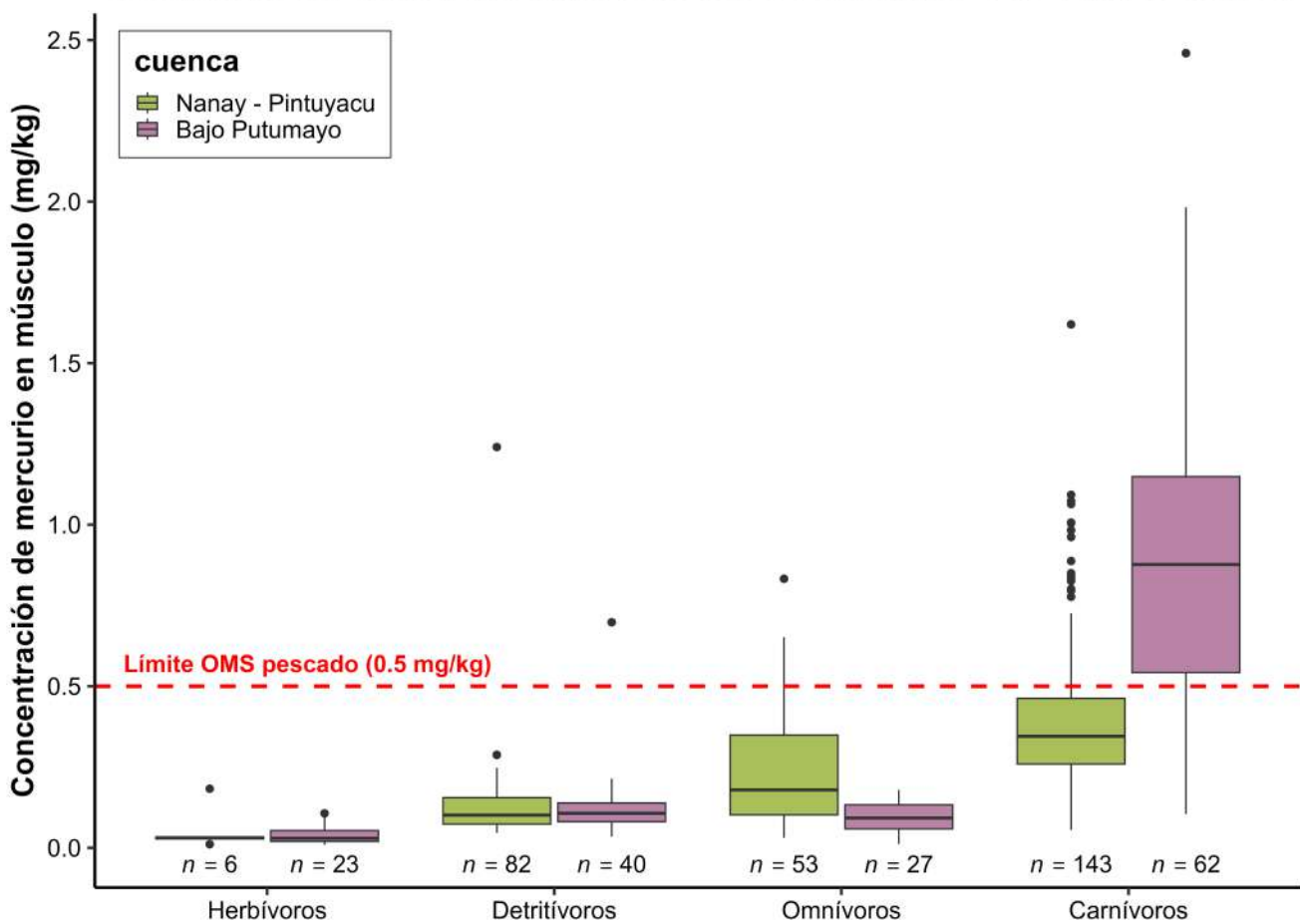
Este apartado presenta los resultados del análisis de mercurio en peces provenientes de las cuencas Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo y también en peces comercializados en ocho mercados, de los cuales 7 están ubicados en la ciudad de Iquitos.

### 2.1. Evaluación de mercurio en peces de cuencas hidrográficas

En todo el estudio, se registraron las concentraciones de mercurio en músculo de pescado de 436 individuos distribuidos en 54 especies y 4 gremios alimenticios (Carnívoros, Omnívoros, Detritívoros y Herbívoros). Los valores se encontraron en un rango de 0.01 a 2.46 mg/kg.

Al realizar comparaciones de las concentraciones por niveles tróficos, se puede observar que los grupos herbívoros y detritívoros presentaron los promedios más bajos y valores similares entre las cuencas. Sin embargo, con relación al grupo de carnívoros o predadores (que presentaron los niveles más altos de todo el estudio), se observó diferencias entre las cuencas, donde en el Bajo Putumayo se registró un valor medio más de dos veces por encima de lo reportado en la cuenca del Nanay - Pintuyacu (0.90 mg/kg vs 0.41 mg/kg) (Figura 12). Esta mayor carga de mercurio en peces predadores podría contribuir a una mayor exposición en las comunidades del Bajo Putumayo, especialmente si hay una preferencia de consumo de estas especies.

### Comparación de las concentraciones de mercurio entre nivel trófico



**Figura 12.** Comparación de las concentraciones de mercurio en músculo de peces por nivel trófico entre las cuencas del Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo. Las concentraciones más altas se registraron en peces carnívoros del Bajo Putumayo, con una mediana por encima del límite de 0.5 mg/kg establecido por la OMS para consumo humano. Las cajas muestran el rango intercuartílico (50 % central de los datos), la línea horizontal representa la mediana, los bigotes el rango de datos sin valores atípicos, y los puntos individuales indican valores extremos. El número de individuos por grupo se muestra debajo de cada caja.

Es importante notar que el grupo de omnívoros en Putumayo presenta niveles más bajo que en la cuenca del Nanay - Pintuyacu, por lo que es necesario realizar más estudios que nos ayuden a comprender la dinámica del mercurio durante todas las épocas del año en los diferentes niveles tróficos.

## a) Cuenca del Bajo Putumayo

Se registraron 152 individuos pertenecientes a 30 especies con concentraciones entre 0.01 y 2.46 mg/kg. Al clasificar los niveles de mercurio según el nivel trófico, se observó que los peces carnívoros registraron las concentraciones más altas, con un promedio de 0.90 mg/kg. En contraste, los peces herbívoros presentaron las concentraciones más bajas, con un promedio de 0.04 mg/kg, mientras que los peces detritívoros y omnívoros mostraron valores intermedios de 0.13 mg/kg y 0.10 mg/kg, respectivamente (Figura 13).

Las especies con mayores concentraciones promedio de mercurio en esta cuenca fueron *Pellona flavipinnis* (Pez chino) con 1.66 mg/kg, *Rhaphiodon vulpinus* (Chambira) con 1.25 mg/kg y *Hemisorubim platyrhynchos* (Toa) con 1.24 mg/kg. En contraste, las especies con menores concentraciones de mercurio incluyeron *Myloplus rubripinnis* (Curuhuara) con 0.03 mg/kg, *Piaractus brachypomus* (Paco) con 0.02 mg/kg y *Colossoma macropomum* (Gamitana) con 0.07 mg/kg (Figura 13).

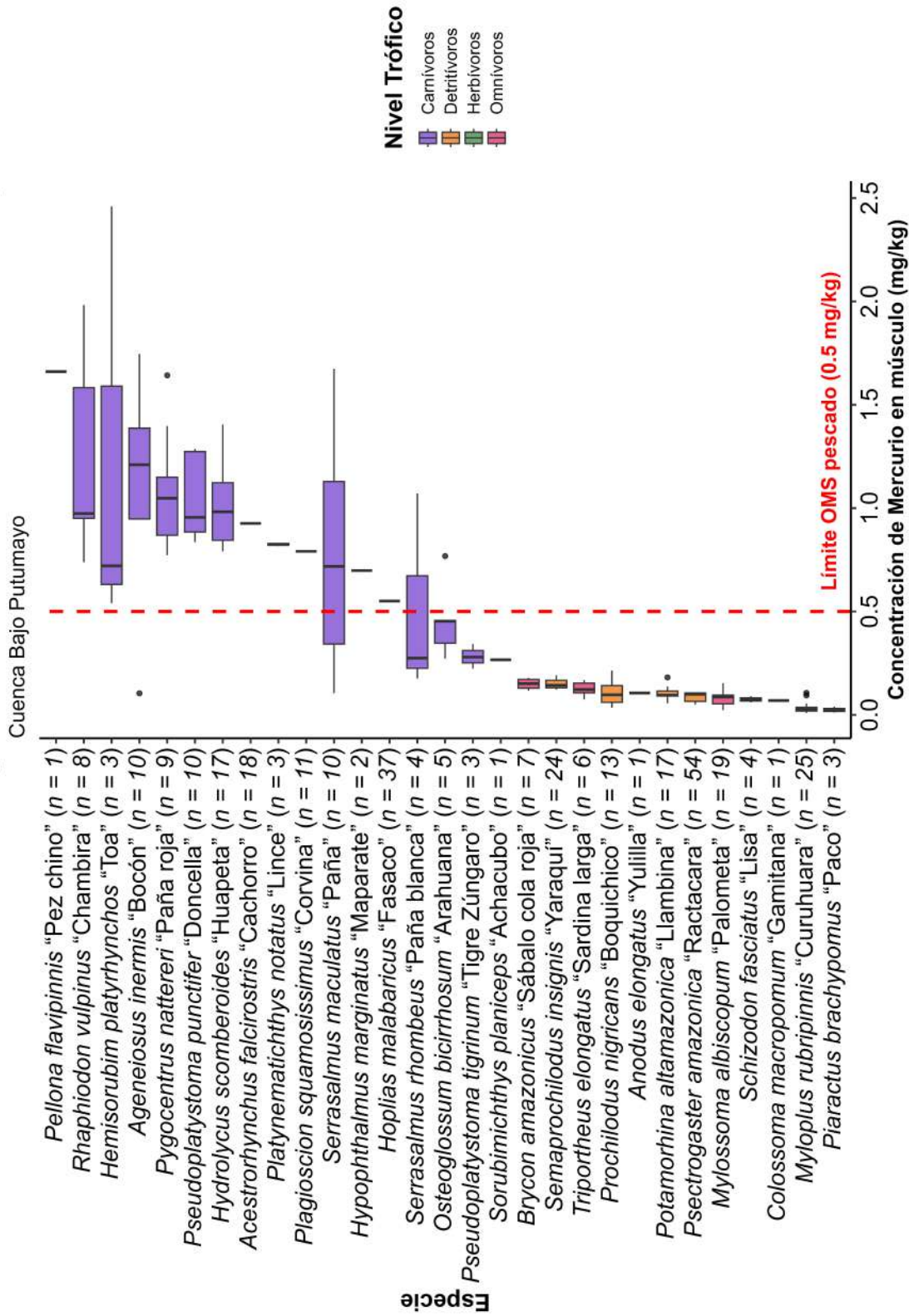
## b) Cuenca del Nanay

Se registraron 284 individuos distribuidos en 43 especies con concentraciones entre 0.01 y 1.62 mg/kg. Al evaluar los niveles de mercurio según el nivel trófico, se observó que los peces carnívoros registraron las concentraciones más altas, con un promedio de 0.41 mg/kg.

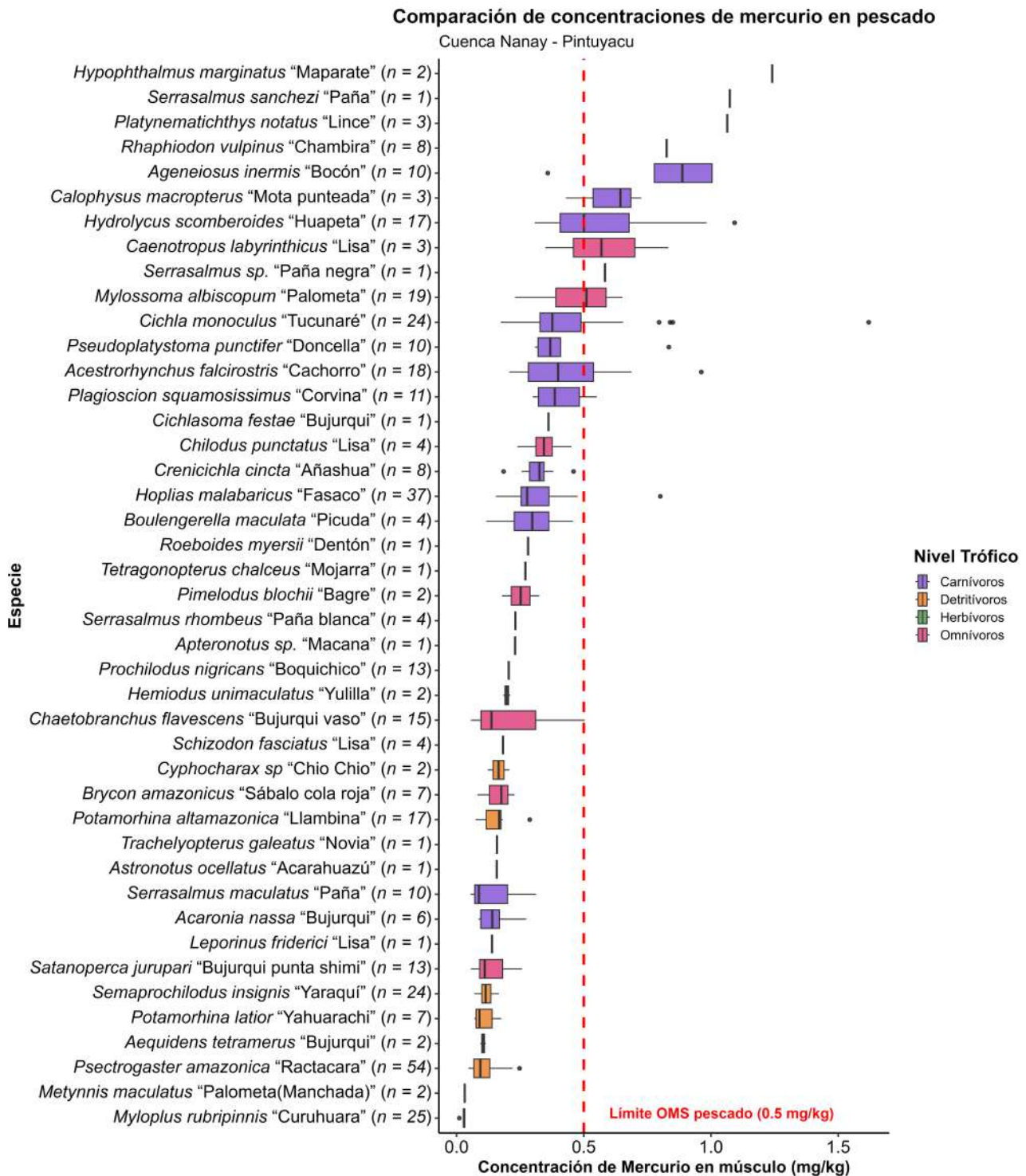
En contraste, los peces herbívoros presentaron las concentraciones más bajas, con un promedio de 0.03 mg/kg, mientras que los peces detritívoros y omnívoros mostraron valores intermedios de 0.13 mg/kg y 0.25 mg/kg, respectivamente (Figura 14).

En términos de especies, las concentraciones promedio más elevadas se registraron en *Hypophthalmus marginatus* (Maparate) con 1.24 mg/kg, *Serrasalmus sanchezi* (Paña) con 1.07 mg/kg y *Platynemichthys notatus* (Lince) con 1.06 mg/kg. Por otro lado, las especies con menor concentración de mercurio fueron *Myloplus rubripinnis* (Curuhuara) con 0.03 mg/kg, *Metynnus maculatus* (Palometa manchada) con 0.03 mg/kg y *Psectrogaster amazonica* (Ractacara) con 0.10 mg/kg (Figura 14).

### Comparación de concentraciones de mercurio en pescado



**Figura 13.** Comparación de las concentraciones de mercurio (mg/kg) en músculo de especies de peces analizadas en la cuenca del Bajo Putumayo, diferenciadas por nivel trófico. Las especies carnívoras registraron las concentraciones más elevadas, con valores máximos de hasta 2.46 mg/kg. La línea roja punteada indica el límite recomendado por la OMS para consumo humano (0.5 mg/kg). Para cada especie, la línea horizontal representa la mediana, los bigotes el rango de datos sin valores atípicos, y los puntos individuales indican valores extremos. El número de individuos analizados por especie se indica entre paréntesis.

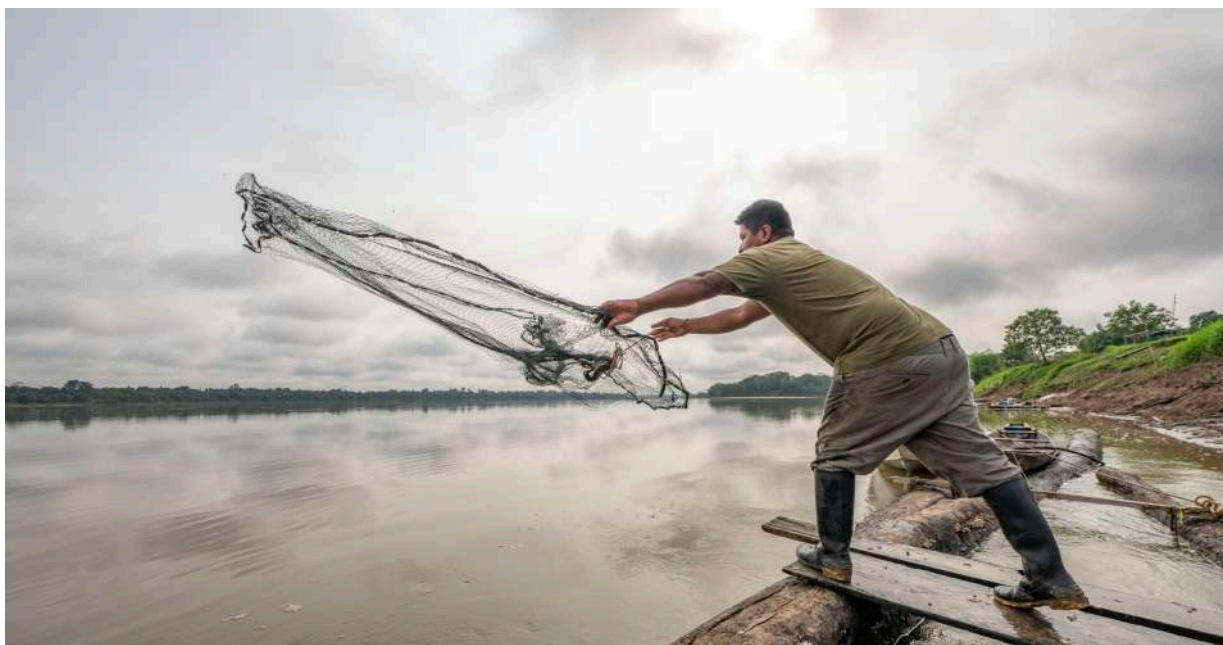


**Figura 14.** Comparación de las concentraciones (mg/kg) de mercurio en músculo de especies de peces analizadas en la cuenca del Nanay - Pintuyacu, diferenciadas por nivel trófico. Las especies carnívoras en su mayoría registraron las concentraciones más elevadas con un valor máximo de 1.62 mg/kg. La línea roja punteada indica el límite recomendado por la OMS para consumo humano (0.5 mg/kg). Para cada especie, la línea horizontal representa la mediana, los bigotes el rango de datos sin valores atípicos, y los puntos individuales indican valores extremos. El número de individuos analizados por especie se indica entre paréntesis. El símbolo de pez junto a ciertos nombres corresponde a especies con alto desembarque en Iquitos, de acuerdo con reportes recientes sobre la pesca de consumo en la Amazonía peruana (Benet et al., 2023; Gonzales, 2023).

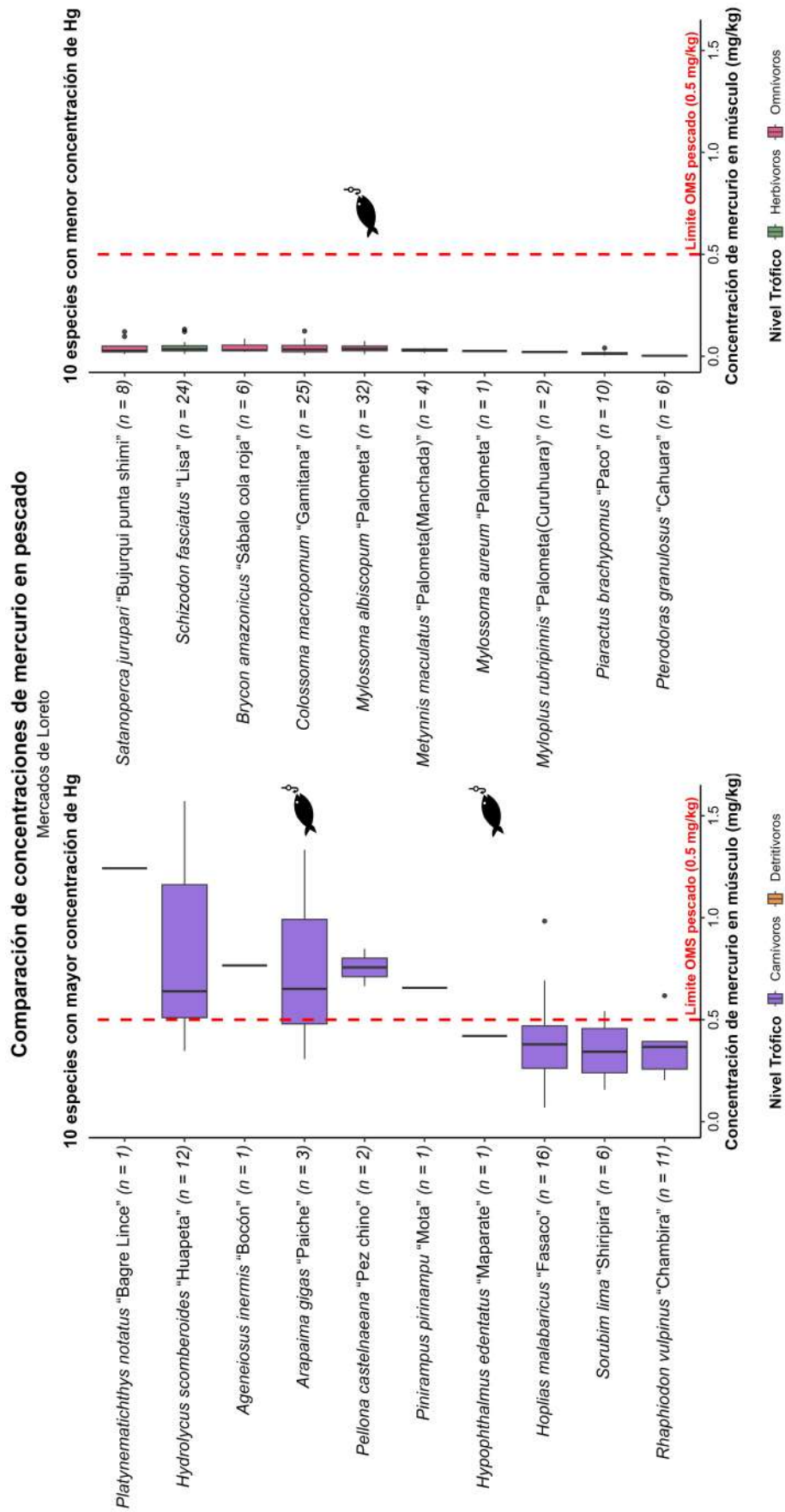
## 2.2. Evaluación de mercurio en pescado comercializado en mercados de Loreto

Los análisis de mercurio en 538 peces, correspondientes a 54 especies colectadas en ocho mercados, con valores en un rango entre 0.001 mg/kg y 1.57 mg/kg. Al evaluar los niveles de mercurio según el nivel trófico, se observó, al igual que en los peces de las cuencas, que los carnívoros presentaron las concentraciones más altas, con un promedio de 0.31 mg/kg. En contraste, los peces herbívoros exhibieron los niveles más bajos, con un promedio de 0.04 mg/kg. Estos resultados confirman la tendencia esperada de biomagnificación del mercurio, donde los peces predadores o carnívoros, al ocupar niveles tróficos superiores, presentan concentraciones más elevadas de este metal en comparación con los gremios de nivel inferior (Figura 15).

En todos los peces de mercado, sólo el 5% superaron el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para consumo humano (0.5 mg/kg). Especies carnívoras o predadoras como *Platynematichthys notatus* (Bagre Lince) con 1.24 mg/kg, *Hydrolycus scomberoides* (Huapeta) con 0.83 mg/kg, *Ageneiosus inermis* (Bocón) con 0.77 mg/kg, *Pellona castelnaeana* (Pez chino) con 0.76 mg/kg y *Pinirampus pirinampu* (Mota blanca) con 0.66 mg/kg. Por otro lado, dentro de las especies con concentraciones bajas de mercurio, se destacan *Myloplus rubripinnis* (Curuhuara) con 0.02 mg/kg, *Piaractus brachipomus* (Paco) con 0.02 mg/kg y *Pterodoras granulosus* (Cahuara) con 0.004 mg/kg, lo que las convierte en opciones más seguras para el consumo frecuente (Figura 15).

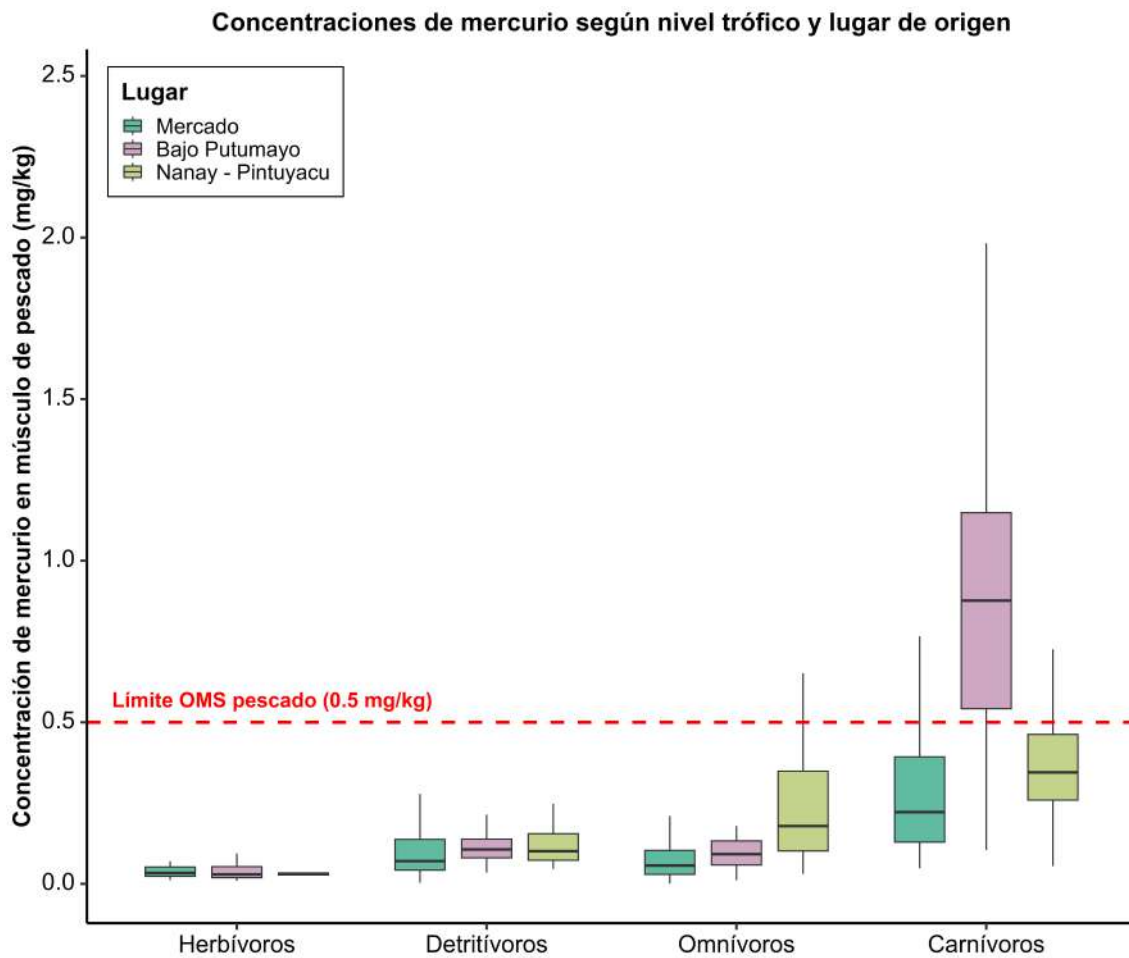


*Pesca artesanal en el río Putumayo, tradición y alimento para las comunidades locales.  
Fuente: Daniel Rosengren / FZS Perú (2025).*



**Figura 15.** Comparación de las concentraciones de mercurio (mg/kg) en músculo de las 10 especies con mayor y menor valor promedio registrado en mercados, diferenciadas por nivel trófico. La línea roja punteada indica el límite de mercurio recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para peces de consumo humano (0,5 mg/kg). En cada especie, la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Los bigotes, el rango sin valores atípicos. Entre paréntesis se indica el número de individuos analizados. El símbolo de pez junto a ciertos nombres identifica especies con alto volumen de desembarque en Iquitos, según reportes sobre pesca de consumo en la Amazonia peruana (García-Dávila et al., 2018; García Ruiz, 2023).

Al analizar todas las concentraciones de mercurio por nivel trófico y lugar de muestreo (cuencas y mercados), se observa que los valores en peces herbívoros y detritívoros fueron similares entre cuencas y peces de mercado, manteniéndose por debajo del límite de 0.5 mg/kg recomendado por la OMS, lo que los convierte en una opción más segura para el consumo humano. En el grupo de omnívoros, los valores fueron comparables entre peces de mercado y del Bajo Putumayo, mientras que en el Nanay se observaron concentraciones más elevadas, con algunos individuos superando el umbral de referencia. Finalmente, en los peces carnívoros, se observa que los peces de Putumayo presentaron concentraciones más elevadas, seguidos por los de Nanay - Pintuyacu, siendo los peces de mercado los que presentaron las concentraciones más bajas (Figura 16).



**Figura 16.** Concentración de mercurio en músculo de especies comercializadas en mercados de Loreto y especies proveniente de cuencas, según nivel trófico. Las especies carnívoras presentan las concentraciones más elevadas, con varias muestras por encima del umbral de 0.5 mg/kg establecido por la OMS para consumo humano. Las líneas negras verticales indican el rango de concentración observado por especie. La línea punteada roja indica el límite máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el consumo de pescado (0.5 mg/kg). El número de individuos analizados se indica entre paréntesis.

Por otro lado, es importante considerar que el límite de mercurio en peces de 0.5 mg/kg establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para pescado destinados al consumo humano, está basado en un consumo semanal de 200 gramos. Sin embargo, en Loreto, el consumo de pescado es considerablemente mayor, reportando un consumo anual per cápita de aproximadamente 51.6 kilogramos (PRODUCE, 2015), lo que equivale a un consumo semanal aproximado de 900 gramos.

“ La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido un límite de 0.5 mg/kg de mercurio en peces para consumo humano, basado en un consumo semanal de 200 g. En Loreto, este valor de referencia se supera ampliamente, y el consumo de pescado puede alcanzar un promedio de 900g semanales”

Esto significa que, aunque algunas especies presentaron concentraciones de mercurio por debajo del límite de 0.5 mg/kg establecido por la OMS, el elevado consumo de pescado en Loreto podría resultar en una ingesta total de mercurio superior a la considerada segura. El riesgo se incrementa al consumir especies depredadoras, que presentan mayores niveles de mercurio debido al proceso de biomagnificación.

Los resultados, resaltan que para entender la exposición en poblaciones humanas, es necesario evaluar no solo las concentraciones de mercurio en cada especie, sino también la frecuencia y cantidad de su consumo, ya que estos factores determinan el nivel de exposición de la población, especialmente en comunidades cuya dieta está basada en gran medida en el consumo de pescado.

“ La exposición de mercurio en poblaciones humanas depende no solo de la concentración en el pescado, sino también de la frecuencia y cantidad de consumo de pescado. El alto consumo de pescado en Loreto podría resultar en una ingesta total de mercurio superior a la considerada segura”

Por ejemplo, un estudio reciente en la Amazonía ha evidenciado que muchas especies pequeñas, de bajo nivel trófico y alta disponibilidad en mercados locales, como *Semaprochilodus insignis* (Yaraquí) y *Psectrogaster amazonica* (Ractacara), presentan bajos niveles de mercurio y altos aportes de micronutrientes como hierro, calcio y zinc. En contraste, especies grandes y de alto nivel trófico como *Pseudoplatystoma punctifer* (Doncella) y *Brachyplatystoma rousseauxii* (Bagre Dorado), aunque altamente valoradas comercialmente, tienden a acumular mayores niveles de mercurio y ofrecen niveles bajos de micronutrientes. Este estudio muestra que las especies pequeñas de bajo nivel trófico representan una alternativa efectiva para reducir la exposición al mercurio sin comprometer la seguridad alimentaria (Heilpern et al., 2025).

Al mismo tiempo es importante considerar que los niveles de mercurio en todos los gremios alimenticios pueden aumentar progresivamente por la presencia y expansión de la actividad minera en las cuencas estudiadas, como ya fue demostrado en otras regiones amazónicas en el Perú (Pisconte et al. 2025).

Consecuentemente, en presencia de actividad minera, algunos gremios que presentan niveles naturalmente adecuados para consumo humano, podrían incrementar sus valores y dejar de ser una opción segura de consumo para las poblaciones Loretanas.

“ En presencia de actividad minera, algunos gremios con niveles de mercurio naturalmente seguros pueden incrementar sus concentraciones y dejar de ser una opción de consumo segura para las poblaciones de Loreto”

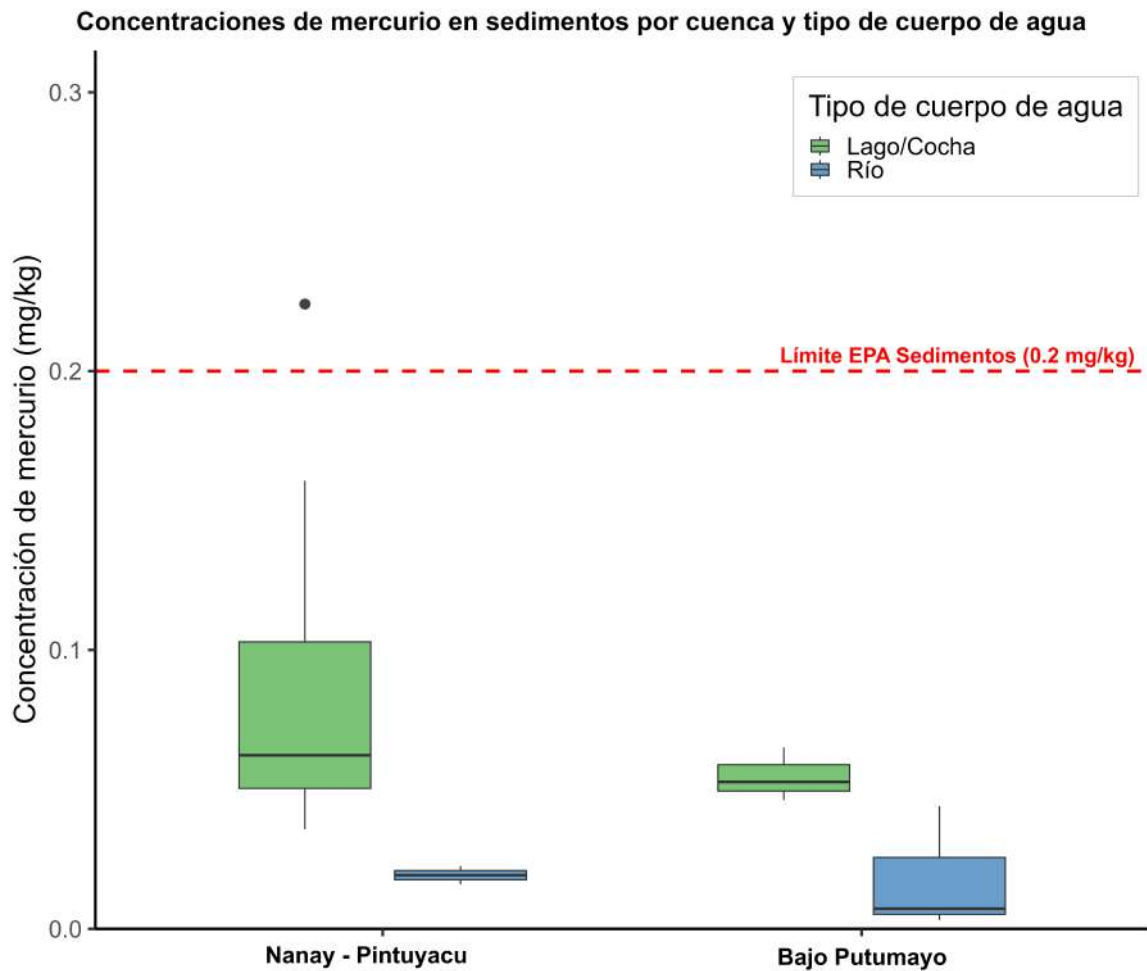
### 3. Mercurio en sedimentos

El mercurio tanto de fuente natural como el liberado por la minería aurífera pueden depositarse en los sedimentos de los ríos y cochas. En total, se colectaron 16 muestras de sedimentos y las concentraciones de mercurio se encontraron en un rango entre 0.003 mg/kg y 0.224 con un valor medio de 0.06 mg/kg. Solo fue registrada una muestra que superó los 0.2 mg/kg, un valor de referencia que indica niveles en los que no se esperan efectos adversos para la mayoría de organismos bentónicos, citado en evaluaciones de riesgo por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) (Figura 17).

Las cochas en la cuenca del Nanay - Pintuyacu presentaron los valores más altos, con un promedio de 0.091 mg/kg ( $n=8$ ), frente al promedio reportado en el Bajo Putumayo, que fue de 0.055 mg/kg ( $n=5$ ). En contraste, los ríos mostraron niveles más bajos, con promedios de 0.019 mg/kg ( $n=2$ ) en Nanay y 0.018 mg/kg ( $n=3$ ) en Putumayo. Este patrón coincide con lo reportado en otros estudios, que señalan que las cochas, al tener poco movimiento de agua y ser inundadas por los ríos anualmente, tienden a actuar como reservas naturales del mercurio transferido en estos eventos. Esto se debe a que en estos ambientes el mercurio se deposita con más facilidad adherido en sedimentos finos y materia orgánica, donde puede quedar atrapado (Bastos et al., 2006).

Si bien se observaron diferencias entre cochas y ríos dentro de cada cuenca, estas diferencias no fueron evidentes al comparar un mismo tipo de cuerpo de agua entre cuencas. Es decir, las cochas del Putumayo y del Nanay presentaron niveles similares entre sí, al igual que los ríos de ambas cuencas. Esto sugiere que el tipo de cuerpo de agua (cocha o río) influye más en las concentraciones de mercurio que la ubicación geográfica por sí sola.

Por otro lado, es importante considerar que el número reducido de muestras limitó la capacidad para detectar diferencias estadísticamente concluyentes, especialmente al comparar entre cuencas. Esta limitación resalta la necesidad de ampliar el número de puntos de muestreo, tanto en número de cochas como en secciones de ríos, para mejorar la representatividad y robustez del análisis. Incrementar el esfuerzo de muestreo en futuras campañas permitirá comprender mejor la dinámica espacial del mercurio en los diferentes tipos de cuerpos de agua y fortalecer las recomendaciones de gestión ambiental basadas en evidencia.



**Figura 17.** Concentración promedio de mercurio en sedimentos (mg/kg) en cochas (verde) y ríos (azul) de las cuencas del Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo. Las cochas presentaron niveles más altos que los ríos en ambas cuencas, siendo la más elevada la registrada en cochas del Nanay (0.098 mg/kg). La línea roja punteada indica el límite establecido por la EPA para mercurio para concentración de mercurio para evitar impactos ecológicos adversos (0.2 mg/kg). Cada caja muestra el rango intercuartílico (50 % central de la población), con la línea negra en medio representando la mediana. Los bigotes indican el rango de distribución de valores, y los puntos individuales representan casos con niveles atípicos.

También, se midieron variables fisicoquímicas del agua como oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad y transparencia en ríos y cochas. Estos parámetros, pueden generar ciertas condiciones en estos sistemas (baja oxigenación, acidez o alto contenido de materia orgánica) que pueden influir en la transformación de mercurio a metilmercurio (Pestana et al., 2019; Ullrich et al., 2001). Sin embargo, tampoco se identificaron relaciones estadísticas claras de las condiciones fisicoquímicas con las concentraciones de mercurio registradas.

La información reportada constituye un punto de partida como línea base para entender el estado actual de los ecosistemas acuáticos de la región. Debido a que los ecosistemas amazónicos son altamente complejos, se recomienda realizar más estudios ampliando los sitios de muestreo, en diferentes épocas del año y con un enfoque más detallado, que permitan identificar posibles tendencias de concentración y mejorar la comprensión de los factores que influyen en la distribución y comportamiento del mercurio.

## ■ Cadena de exposición al mercurio: desde el ambiente hasta la salud humana

Este estudio constituye una línea base que muestra la cadena de exposición en las cuencas del Nanay - Pintuyacu y del Bajo Putumayo. Además, identifica algunos factores asociados como sus condiciones ecológicas y patrones de consumo alimentario.

La cadena de exposición inicia en los cuerpos de agua con la formación del metilmercurio (una de las formas más tóxicas y biodisponibles del mercurio), que luego es incorporado en organismos acuáticos. El siguiente eslabón en la cadena de exposición corresponde a los peces, cuya acumulación de mercurio depende tanto de factores ambientales como biológicos, incluyendo el nivel trófico, el tamaño y la especie. En general, de todos los peces estudiados, las especies predadoras o carnívoras presentaron los niveles más elevados, resultado esperado debido al proceso de biomagnificación. En el caso del Bajo Putumayo, los peces carnívoros mostraron las concentraciones más elevadas de todo el estudio (alrededor de 0.90 mg/Kg en promedio). Sin embargo, para entender mejor el origen y la extensión de esta exposición, sería necesario contar con más información sobre cómo se comportan los cuerpos de agua y cómo interactúan con las potenciales fuentes de contaminación presentes en cada una de las cuencas.

Posteriormente, el mercurio llega a los humanos a través de la dieta, que en comunidades ribereñas reportan un alto consumo de pescado. Los niveles de mercurio en el cabello fueron más altos en el Bajo Putumayo (15.67 mg/Kg, máx. 50.33 mg/kg) que en Nanay (8.41 mg/kg, máx. 27.34 mg/kg), lo que puede estar explicado por los hábitos alimentarios y la diferencia de las concentraciones de mercurio reportada en los peces carnívoros. En el Bajo Putumayo, las comunidades consumen pescado con mayor frecuencia y prefieren especies carnívoras de alto nivel trófico, como el zúngaro (*Brachyplatystoma spp.*). En la cuenca Nanay - Pintuyacu, aunque el consumo también es alto, la frecuencia reportada es menor que en el Putumayo, adicionalmente predominan especies de niveles tróficos intermedio y bajos, como el *Yaraquí* (*Prochilodus nigricans*, detritívoro) y el *Bujurqui* (*Schizodon spp.*, omnívoro/herbívoro), factores que podrían explicar los niveles comparativamente menores de exposición.

En conjunto, estos hallazgos confirman que la exposición humana al mercurio en la Amazonía es un fenómeno multicausal y es el resultado de una cadena de transferencia ambiental, biológica y sociocultural.

*Desde los procesos de metilación que ocurren en cuerpos de agua, pasando por la acumulación de mercurio en peces, hasta las prácticas de consumo en las comunidades ribereñas, cada etapa refleja una interacción compleja entre el ecosistema y las formas de vida locales. Comprender esta conexión es fundamental para diseñar estrategias de prevención y mitigación que no se limiten al monitoreo ambiental, sino que también fortalezcan la gestión territorial, promuevan una educación alimentaria intercultural basada en productos locales y prácticas tradicionales, y reconozcan las particularidades de cada territorio. Integrar estos enfoques permite no solo reducir los riesgos a la salud, sino también respetar y proteger los modos de vida de las poblaciones amazónicas, que dependen estrechamente de sus ecosistemas acuáticos para subsistir.*

## Niveles de exposición en Loreto frente a antecedentes en Madre de Dios



Actividad minera ilegal en Nanay - Loreto. Fuente: FCDS - Perú

En la Amazonía peruana, la exposición al mercurio en humanos está asociada a consumo de pescado y puede incrementarse por presencia de actividad minera, factor que puede aumentar las concentraciones de mercurio en peces y además representa una fuente de exposición ocupacional a mercurio inorgánico durante el proceso de amalgamación. En Madre de Dios, donde la actividad minera representa una fuente importante de ingresos y en muchos de los casos es practicada de forma ilegal. Se han documentado niveles elevados de mercurio en el aire, peces, aves y murciélagos de sitios altamente impactados por la minería artesanal (Pisconte et al., 2024).

*“ En la Amazonía peruana, la exposición humana al mercurio se asocia al consumo de pescado y puede intensificarse con la actividad minera. Esta actividad puede incrementar las concentraciones en peces y además representa una fuente de exposición ocupacional a mercurio inorgánico”*

Por otro lado, en Loreto la información generada hasta el momento nos indica que la exposición humana responde a una combinación de condiciones ecológicas y hábitos alimentarios, incluso en ausencia de minería.

Los valores que se reportan en peces son comparables a los de cuerpos de agua naturales de Madre de Dios (Barocas et al., 2023).

*“ Loreto enfrenta un riesgo particular frente al avance de la minería aurífera debido a la combinación de su alta biodiversidad, la presencia de ecosistemas sensibles y la dependencia del consumo de pescado de sus poblaciones indígenas y rurales”*

Entre los factores que influyen en la exposición al mercurio en Loreto, el consumo frecuente de pescado principalmente carnívoro, destaca como uno de los más relevantes, especialmente en comunidades ribereñas donde constituye una de las principales fuentes de proteína.

Esta situación no se limita a Loreto; patrones similares han sido documentados en otras regiones amazónicas. En Madre de Dios, por ejemplo, se han registrado niveles elevados de mercurio en comunidades remotas sin actividad minera, como las comunidades Matsigenkas del Parque Nacional del Manu. Estas comunidades se encuentran situadas aproximadamente 180 Km río arriba de actividad minera y donde la exposición se ha atribuido al consumo frecuente habitual de peces carnívoros con alta bioacumulación de mercurio (Vega et al., 2020).

Los hábitos alimentarios sugieren que cierta exposición al mercurio en peces, forma parte de la dinámica natural de los ecosistemas amazónicos, particularmente en ambientes lénticos como las cochas, donde se favorece la metilación del mercurio. Sin embargo, esta exposición “natural” puede incrementarse con la introducción de nuevas fuentes de mercurio, como la minería aurífera según lo documenta Barocas et al., 2022. En su estudio reporta que en las cochas afectadas por actividad minera, la concentración de mercurio en peces es significativamente más elevada que en aquellas que no tienen presencia de esta actividad. Adicionalmente, en zonas con minería como en Madre de Dios, se da la formación de pozas mineras donde se reporta una alta colonización de comunidades acuáticas como macroinvertebrados, peces, etc. (Araujo et al 2021), y donde también se ha documentado un aumento considerable en las concentraciones de mercurio en peces, especialmente en especies carnívoras (Vega et al., 2018).

La combinación de hábitos alimenticios basado en un consumo frecuente de peces principalmente carnívoros como es el caso de Loreto, sumado a la presencia de actividad minera puede elevar de forma exponencial la exposición humana, generando escenarios de alto riesgo, que pueden llegar a ser comparables a los registrados en episodios como el desastre en Minamata.

*“ En Loreto, la combinación de una dieta frecuente basada en peces carnívoros y la presencia de actividad minera puede elevar significativamente la exposición humana al mercurio, generando escenarios de alto riesgo similares al desastre de Minamata”*

Comprender la dinámica del mercurio en los ecosistemas amazónicos es esencial para implementar medidas preventivas antes de que los niveles de exposición incrementen debido a la expansión de la minería y que estos sean difíciles de revertir. De lo contrario, se corre el riesgo de enfrentar un problema de contaminación progresiva, con potencial de expansión a gran escala, como ya ha ocurrido en Madre de Dios.

Madre de Dios nos muestra una clara advertencia, cuando la expansión de la actividad minera no se controla a tiempo, los niveles de mercurio pueden incrementarse de manera significativa y sostenida, aumentando el riesgo para la salud humana y los ecosistemas. Aunque aún son pocos los estudios que evalúan directamente los efectos sobre la salud humana o en la fauna, los datos disponibles muestran consistentemente que en zonas afectadas por minería se registran concentraciones significativamente más altas de mercurio en humanos y peces, lo que representa un escenario de alta exposición.

En Loreto, aún es posible actuar de forma preventiva. Por ello, resulta fundamental atender estos factores de riesgo de manera integrada a través del monitoreo de ambientes propensos a la metilación. Además, se vuelve prioritario promover el consumo informado de especies con bajo contenido de mercurio, implementar estrategias de vigilancia en poblaciones vulnerables y evitar la expansión de la actividad minera en la región.

*“ Madre de Dios nos muestra una clara advertencia: cuando la expansión de la actividad minera no se controla a tiempo, los niveles de mercurio pueden incrementarse de manera significativa y sostenida, aumentando el riesgo para la salud humana y los ecosistemas”*



Taller sobre consumo seguro de pescado dirigido a comunidades de Loreto. Fuente: CINCIA.

# Conclusiones

- Este informe presenta la primera línea base integrada sobre los niveles de mercurio en población humana, peces y sedimentos en las cuencas de los ríos Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo en la región Loreto. Su desarrollo ha permitido comprender, desde una perspectiva sistémica, la cadena de exposición al mercurio, en un contexto donde el alto consumo de pescado y la expansión de la minería ilegal de oro pueden influir en los niveles evaluados.
- En humanos, los resultados muestran que el 97 % de las personas evaluadas presentan concentraciones de mercurio en cabello por encima del valor de referencia (2.2 mg/kg), registrando un valor máximo que alcanzan los 50 mg/kg. La situación más preocupante se observa en la cuenca del Putumayo, donde se registraron los valores más elevados y se reporta que existe mayor frecuencia de consumo de pescado con preferencia por especies carnívoras. Los grupos más vulnerables son niños y mujeres en edad reproductiva, lo que plantea riesgos concretos para la salud materno-infantil y el desarrollo neurológico infantil.
- En peces, si bien el 87 % de los individuos analizados en las cuencas (Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo) y el 95 % de los comercializados en mercados se encuentran por debajo del límite de 0.5 mg/kg recomendado por la OMS para consumo humano, (calculado para un consumo de 200g semanales), se identificaron varias especies carnívoras que superan dicho umbral. Esto es particularmente relevante en Loreto, donde el consumo per cápita de pescado es el más alto del país y donde muchas especies de alto nivel trófico forman parte habitual de la dieta. Esta combinación incrementa el riesgo de exposición a niveles que pueden acumularse significativamente en el tiempo.
- Las concentraciones de mercurio en sedimentos se mantienen por debajo del umbral de referencia para efectos ecológicos adversos (0.2 mg/kg). En este estudio, las cochas presentaron niveles de mercurio más altos que los ríos, lo que sugiere la necesidad de seguir evaluando su papel en la dinámica y transformación de este metal.
- Los hallazgos del estudio evidencian una situación de exposición crónica al mercurio en Loreto, en un contexto donde la actividad minera aún no se ha consolidado completamente. Esto convierte al presente informe en una señal de advertencia oportuna. La experiencia en otras regiones, como Madre de Dios, demuestra que el avance de la minería ilegal sin control puede alcanzar crisis ambientales y sanitarias difíciles de revertir. En Loreto, aún existe la posibilidad de actuar de manera preventiva.

- Estos resultados, evidencian la necesidad de implementar un sistema de monitoreo ambiental y sanitario, acompañado de medidas de control territorial, educación alimentaria y protección de los ecosistemas. Proteger la salud de las comunidades ribereñas y salvaguardar la integridad ecológica de las cuencas del Nanay - Pintuyacu y Bajo Putumayo se debe convertir en una prioridad estratégica para las autoridades regionales y nacionales, antes de que los niveles de exposición alcancen dimensiones críticas y efectos irreversibles.



Taller de entrega de resultados a comunidades participantes del estudio en Loreto. Fuente: CINCIA

# Recomendaciones

## ■ Promover una alimentación segura, alineada a la realidad de las poblaciones amazónicas

El pescado es la principal fuente de proteína para la población loreтана, siendo prioritario diseñar un programa de educación alimentaria nutricional que promueva el consumo de pescado seguro. Este programa debe complementarse con el desarrollo de información clara y comprensible sobre los riesgos que implica la contaminación por mercurio, así como sobre la importancia de optar por especies de peces que se encuentren en la base de la cadena alimenticia, las cuales presentan bajas concentraciones de este contaminante. Este componente debe, además, integrar el conocimiento tradicional y los valores culturales de las comunidades indígenas y ribereñas

## ■ Establecer un sistema de monitoreo ambiental y vigilancia sanitaria

Ante los riesgos crecientes de exposición al mercurio, es necesario establecer un sistema regional de monitoreo ambiental y sanitario. Este ayudará a generar alertas tempranas sobre actividades en curso, actores involucrados y zonas donde ya existe exposición al mercurio. Además, la evidencia de exposición alta a mercurio implica el fortalecimiento de los Programas y Sistemas de Salud Pública descentralizados con enfoque preventivo, de tamizaje y monitoreo que considere la identificación y atención a personas afectadas. El abordaje de estos programas debería ser de carácter interinstitucional y multisectorial, descentralizado a unidades por lo menos distritales y con plataformas itinerantes (PIAS).

## ■ Fortalecer la legislación nacional y gestión territorial en Loreto para prevenir la expansión de la minería ilegal

En este contexto, es fundamental que la futura Ley de la Pequeña Minería y Minería Artesanal (Ley MAPE) refuerce los mecanismos de fiscalización, asegure la exclusión de áreas sensibles y promueva tecnologías limpias, tal como propone el Observatorio de Minería Ilegal y Actividades Vinculadas en Áreas Claves de Biodiversidad (OMI).

Asimismo, se requiere fortalecer la capacidad del Estado para planificar, ordenar y gestionar el territorio, evitando la expansión de la minería ilegal en zonas como áreas naturales protegidas, cabeceras de cuenca y territorios indígenas. Limitar el avance de la minería ilegal contribuirá a prevenir impactos irreversibles en ecosistemas amazónicos y a proteger los derechos de las poblaciones que

dependen de ellos, lo que requiere una acción coordinada entre el Gobierno Regional de Loreto, el gobierno nacional, las autoridades locales y las comunidades indígenas y ribereñas.

## ■ Reforzar el control y vigilancia territorial frente a la minería ilegal

La expansión de la minería ilegal representa una amenaza creciente para la salud humana y ambiental de Loreto, por lo que resulta imprescindible fortalecer el accionar del Estado para la implementación de medidas de prevención y control. Estas deberían incluir el uso de herramientas tecnológicas para mejorar la custodia del territorio y control en zonas remotas, fortalecer los mecanismos de fiscalización fluvial y aérea, y controlar el ingreso de insumos y maquinaria utilizados en actividades extractivas ilícitas. Solo a través de una acción firme y sostenida en el tiempo que involucre la coordinación multisectorial, será posible contener la expansión de esta actividad y proteger los ecosistemas amazónicos.

## ■ Impulsar el desarrollo productivo sostenible con participación del Gobierno Regional de Loreto y otros niveles de gobierno

Es esencial fortalecer el rol del Gobierno Regional de Loreto (GOREL) en la promoción y regulación de actividades productivas sostenibles, articuladas con la planificación territorial. No obstante, este esfuerzo requiere una coordinación efectiva entre los diferentes niveles de gobierno y otros actores, de esta forma se garantizará políticas coherentes, asistencia técnica adecuada y condiciones habilitantes para el desarrollo económico local.

Una prioridad debe ser promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables, mediante apoyo técnico, comercial y organizativo que fortalezca y empodere cadenas de valor en el marco de los bionegocios. Estas iniciativas, enfocadas en el manejo sostenible del bosque, la agroforestería, la pesca responsable o el ecoturismo, pueden generar oportunidades económicas reales y sostenibles para las comunidades rurales.

Este proceso debe basarse en mecanismos participativos e inclusivos, que aseguren la legitimidad social de las decisiones y fomenten su apropiación local a largo plazo.

## ■ Impulsar una agenda amazónica de cooperación frente a la contaminación por mercurio

La contaminación por mercurio en la Amazonía es un problema que no tiene fronteras. Por eso, es fundamental fortalecer la coordinación entre los países que comparten esta región (como Perú, Brasil, Colombia, Ecuador, entre otros) para enfrentar este reto de manera conjunta. Esta cooperación debe enfocarse en mejorar el intercambio de información entre los países, realizar acciones de vigilancia

conjunta, cumplir con el compromiso de avanzar hacia criterios compartidos que ayuden a proteger los ecosistemas y la salud de las personas. Además, se puede trabajar en una hoja de ruta regional que impulse alternativas más seguras y sostenibles, con la participación activa de las comunidades locales e indígenas.

Para la cuenca del Bajo Putumayo, este enfoque requiere una gestión integrada entre los países que la comparten a nivel binacional, que articule la participación multisectorial entre países a través de una plataforma conjunta, como una posible “Autoridad Multinacional del Putumayo”. Existen precedentes de este tipo de gobernanza entre naciones que comparten cuencas en el ámbito de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) (<https://alt-perubolivia.org/>). En el contexto del Putumayo, y con miras a una posible extrapolación hacia otras cuencas de la Panamazonía, un referente clave podría ser la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), que brinda un marco vinculante para la cooperación regional.

## Bibliografía

---

Alves, M. F. A., Fraiji, N. A., Barbosa, A. C., De Lima, D. S. N., Souza, J. R., Dórea, J. G., & Cordeiro, G. W. O. (2006). Fish consumption, mercury exposure and serum antinuclear antibody in Amazonians. *International Journal of Environmental Health Research*, 16(4), 255–262. <https://doi.org/10.1080/09603120600734147>.

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). (2007). Method 7473: Mercury in solids and solutions by thermal decomposition, amalgamation, and atomic absorption spectrophotometry. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/7473.pdf>

Araujo-Flores, J. M., Garate-Quispe, J., García Molinos, J., Pillaca-Ortiz, J. M., Caballero-Espejo, J., Ascorra, C., Silman, M., & Fernandez, L. E. (2021). Seasonality and aquatic metacommunity assemblage in three abandoned gold mining ponds in the southwestern Amazon, Madre de Dios (Peru). *Ecological Indicators*, 125, Article 107455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107455>

Bastos, W. R., Gomes, J. P. O., Oliveira, R. C., Almeida, R., Nascimento, E. L., Bernardi, J. V. E., de Lacerda, L. D., da Silveira, E. G., & Pfeiffer, W. C. (2006). Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Science of the Total Environment*, 368(1), 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.048>

Barocas, A., Vega, C., Alarcon, A., Araujo, J. M., Fernandez, L., Groenendijk, J., Pisconte, J., Macdonald, D. W., & Swaisgood, R. R. (2023). Local intensity of artisanal gold mining drives mercury accumulation in neotropical oxbow lake fishes. *Science of the Total Environment*, 886(April), 164024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164024>

Crespo-López, M. E., et al. (2021). Mercury: What can we learn from the Amazon? *Environment International*, 146, 106223. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106223>

Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA). (2023). Guía operacional del analizador directo de mercurio Milestone DMA-80: Procedimiento operativo estándar [Guía en línea]. Recuperado de <https://cincia.org/guia-operacional-del-analizador-directo-de-mercurio-milestone-dma-80/>

Centro de Seguridad y Salud Ocupacional y Ambiental de los Grandes Lagos. (1996). Methyl mercury (Vol. 1, Issue 4). Health Professionals Task Force of the International Joint Commission. <https://www.ijc.org/sites/default/files/VOL1IS4E.PDF>

Conservación Amazónica – ACCA. (2024, marzo). Boletín N.º 36: Nuevas alertas de minería en la plataforma RAMI para febrero de 2024. SERVIR Amazonía – Programa SERVIR. <https://mailchi.mp/conservacionamazonica/nuevas-alertas-de-mineria-en-la-plataforma-rami-para-febrero2024-9103294>

Da Silva, D. S., Oliveira, L. J. C., Korn, M. G. A., & da Silva, E. F. (2005). Evaluation of mercury contamination in three lakes from the Amazon region using different fish species and trophic levels. *Water, Air, and Soil Pollution*, 165(1), 77–94. <https://doi.org/10.1007/s11270-005-4811-8>

Diringer, S. E., Feingold, B. J., Ortiz, E. J., Gallis, J. A., Araujo-Flores, J. M., Berky, A., Pan, W. K. Y., & Hsu-Kim, H. (2015). River transport of mercury from artisanal and small-scale gold mining and risks for dietary mercury exposure in Madre de Dios, Peru. *The Royal Society of Chemistry*, 0. <https://doi.org/10.1039/C4EM00567H>

Fritz, M., McQuilken, J., Collins, N., & Weldegiorgis, F. (2017). Global trends in artisanal and small - scale mining (ASM): A review of key numbers and issues. International Institute for Environment and Development. <https://www.iisd.org/system/files/publications/igf-asm-global-trends.pdf>

Fitzgerald, W. F., & Lamborg, C. H. (2003). Geochemistry of mercury in the environment. En B. S. Lollar (Ed.), *Treatise on Geochemistry* (Vol. 9, pp. 107–148). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/09048-4>

Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (FCDS) & Conservación Amazónica – ACCA. (2024, abril 5). Loreto: detectan primeros casos de deforestación por minería ilegal en el río Nanay. <https://fcds.org.pe/noticias/loreto-detectan-primeros-casos-de-deforestacion-por-mineria-ilegal-en-el-ri-o-nanay/>

Fernandez, L. E. (2013). Mercurio en Madre de Dios: Concentraciones de mercurio en peces y seres humanos en Puerto Maldonado. Proyecto CAMEP – Carnegie Amazon Mercury Ecosystem Project. Carnegie Institution for Science, Departamento de Ecología Global. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/3387.pdf>

García-Dávila, C., Sánchez, H., Flores, M., Mejía, J., Angulo, C., Castro-Ruiz, D., Estivals, G., García, A., Vargas, G., Nolorbe, C., Núñez, J., Mariac, C., Duponchelle, F., & Renno, J.-F. (2018). Peces de consumo de la Amazonía peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). <https://borea.mnhn.fr/sites/default/files/pdfs/PECES%20DE%20CONSUMO%20DE%20LA%20AMAZONIA%20PERUANA%20%28WEB%29.pdf>

García Ruiz, L. (2023). Estado actual de la pesquería de consumo de la región Loreto y su proyección lineal al 2030 [Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/items/654651d2-21ed-4fe8-a2ae-72a9b87b8dd9>

Gobierno Regional de Loreto. (2003). Ordenanza Regional N.º 006-2003-GRL-CR: Declaran de necesidad e interés regional la protección del río Nanay. <https://www.gob.pe/institucion/regionloreto/normas-legales/2523852-006-2003-grl-cr>

Gobierno Regional de Loreto. (2008). Ordenanza Regional N.º 014-2008-GRL-CR: Declaran de interés público regional la conservación y protección de las cabeceras de cuenca de los ríos Nanay, Napo y Amazonas. <https://www.gob.pe/institucion/regionloreto/normas-legales/2489120-014-2008-grl-cr>

Gobierno Regional de Loreto. (2009). Ordenanza Regional N.º 020-2009-GRL-CR: Declaran de necesidad e interés regional la intangibilidad del río Nanay y sus afluentes. <https://www.gob.pe/institucion/regionloreto/normas-legales/2526199-020-2009-grl-cr>

Heilpern, S. A., Flecker, A. S., López-Casas, S., McIntyre, P. B., Moya, L., Sethi, S. A., & Fiorella, K. J. (2025). Accessible, low-mercury, and nutritious fishes provide win-wins for conservation and public health. *One Earth*, 8(1), 101174. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.12.010>

Hacon, S. S., Dórea, J. G., Fonseca, M. F., Oliveira, B. A., Mourão, D. S., Ruiz, C. M. V., ... & Bastos, W. R. (2014). The influence of changes in lifestyle and mercury exposure in riverine populations of the Madeira River (Amazon Basin) near a hydroelectric project. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(3), 2437–2455. <https://doi.org/10.3390/ijerph110302437>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018). III Censo de Comunidades Nativas 2017: Resultados definitivos (Tomo I). Lima, Perú: INEI. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaes/Est/Lib1598/TOMO\\_01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1598/TOMO_01.pdf)

Iglesias León, S., & Gonzáles Torres, M. (2000). Evaluación de las condiciones e impactos ambientales de la explotación y aprovechamiento de minerales de oro mediante dragas en el río Yaguas – Cuenca del río Putumayo. *Revista de Geología*, 3(6). Recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v03\\_n6/evaluacion.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v03_n6/evaluacion.htm)

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). (2009). Viabilidad económica de la pesca artesanal en el departamento de Loreto (Avances Económicos N° 13). Iquitos, Perú. <http://iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/PUBL885.pdf>

Li, C., et al. (2022). Seasonal variation of mercury and its isotopes in atmospheric particles at the coastal Zhongshan Station, Eastern Antarctica. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04462>

Li, G. (2011). *Environmental Chemistry and Toxicology of Mercury*. John Wiley & Sons. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118146644>

Ministerio de la Producción – PRODUCE. (2015). Patrones de consumo de productos hidrobiológicos en el Perú: Una aproximación con la Encuesta Nacional de Hogares. Programa Nacional “A Comer Pescado”. [https://www.acomerpescado.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/Patrones\\_Consumo\\_Productos\\_Hidrobiologicos\\_PNACP-2015.pdf](https://www.acomerpescado.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/Patrones_Consumo_Productos_Hidrobiologicos_PNACP-2015.pdf)

Maco, J. & Sandoval, E. (2005). Presencia de mercurio en el agua y sedimento de fondo en el río Nanay, Perú. *Folia Amazónica*, 14(2), 75–84. [http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/folia14\\_2.pdf](http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/folia14_2.pdf)

Martinez, G., McCord, S. A., Driscoll, C. T., Todorova, S., Wu, S., Araújo, J. F., Vega, C. M., &

Fernandez, L. E. (2018). Mercury contamination in riverine sediments and fish associated with artisanal and small-scale gold mining in Madre de Dios, Peru. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081584>

Organización Mundial de la Salud - OMS (2008). Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Geneva:

WHO. <https://www.who.int/publications/m/item/guidance-for-identifying-populations-at-risk-from-mercury-exposure>

Organización Mundial de la Salud - OMS (2021). Exposure to mercury: A major public health concern. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-CHE-24.02>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). Evaluation of certain food additives and contaminants: Sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO Technical Report Series, No. 940). Geneva: WHO. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43258>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO Technical Report Series No. 922). Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9241209224>

Organización Mundial de la Salud (OMS) & Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2008). Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Geneva OMS. <https://www.who.int/publications/m/item/guidance-for-identifying-populations-at-risk-from-mercury-exposure>

Pisconte, J. N., Vega, C. M., Torres, M. I., Salcedo, K.D. & Fernandez, L. E. (2025). Contaminación por mercurio de la minería de oro artesanal y en pequeña escala (MAPE) en Madre de Dios, Perú: Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA) y Fundación para la Conservación y Desarrollo Sostenible (FCDS).

<https://cincia.org/madre-de-dios-bajo-amenaza-estudios-evidencian-que-la-mineria-es-la-mayor-responsable-de-la-contaminacion-por-mercurio/>

Pestana, I. A., Almeida, M. G., Bastos, W. R., & Souza, C. M. (2019). Total Hg and methylmercury dynamics in a river-floodplain system in the Western Amazon: Influence of seasonality, organic matter and physical and chemical parameters. *Science of the Total Environment*, 656, 388-399. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.388>

- Pisconte, J. N., Vega, C. M., Pillaca-Ortiz, J. M., Quispe, E., Sevillano-Ríos, C. S., Tejeda, V., Ascorra, C., Silman, M. R., & Fernandez, L. E. (2024). Elevated mercury exposure to bird communities inhabiting Artisanal and Small-Scale Gold Mining landscapes of the southeastern Peruvian Amazon. <https://doi.org/10.1007/s10646-024-02740-4>
- Portillo, A., Vega, C. M., Silman, M. R., Fernandez, L. E., Mena, J. L., Bonifaz, E., & Ascorra, C. (2023). Mercury bioaccumulation in bats in Madre de Dios, Peru: implications for Hg bioindicators for tropical ecosystems impacted by artisanal and small-scale gold mining. <https://doi.org/10.1007/s10646-023-02719-7>
- Pezo, R., Paredes, H., & Bendayán, N. (1992). Determinación de metales pesados bioacumulables en especies ícticas de consumo humano en la Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 4(2), 171–181. <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foliaamazonica/article/download/295/364/>
- Pamphlett, R. (2021). The prevalence of inorganic mercury in human cells increases during aging but decreases in the very old. *Scientific Reports*, 11, 16714. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96359-8>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2019). *Global Mercury Assessment 2018: Sources, emissions, releases and environmental transport*. <https://www.unep.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018>
- Reyes, F.C. (2000). *Explotación de oro aluvial en el río Nanay*. Informe s/n-2000-CTAR-L-ST/CRF. Tipografía. [citado en Maco & Sandoval, 2005]
- Rosas, M. (2024). Perú: frenan entrega de concesiones mineras en el río Nanay, pero solo por un año. *Mongabay Latam*. <https://es.mongabay.com/2024/01/peru-frenan-entrega-de-concesiones-mineras-rio-nanay-solo-por-un-ano/>
- Rosas, M. (2025, marzo 26). Crece la minería ilegal en Perú: nuevas dragas aumentan el riesgo en el río Nanay y las comunidades indígenas. *Mongabay Latam*. <https://es.mongabay.com/2025/03/crece-mineria-ilegal-peru-nuevas-dragas-riesgo-rio-nanay-comunidades-indigenas/>
- Rodriguez-Pascual, M. J., Vega, C. M., Andrade, N., Fernández, L. E., Silman, M. R., & Torrents, A. (2024). Hg distribution and accumulation in soil and vegetation in areas impacted by artisanal gold mining in the Southern Amazonian region of Madre de Dios, Peru. *Chemosphere*, 361, 142425. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142425>
- Rengifo Pinedo, D. L., & Reyes Lázaro, W. (2016). Amazonía peruana en riesgo por presencia de mercurio en el río Napo. *Ciencia y Tecnología*, 12(3), 41–50. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/1399>

Secretariado de la Convención de Minamata sobre el Mercurio (2025). Mercury monitoring in and around artisanal and small-scale gold mining sites – A Technical Background Document. Scientific and Technical Series, Vol. 4. Geneva: Secretariat of the Minamata Convention on Mercury, 86 pp. [https://minamataconvention.org/sites/default/files/documents/2025-02/Mercury\\_Monitoring\\_ASGM\\_Sites-Technical\\_Document.pdf](https://minamataconvention.org/sites/default/files/documents/2025-02/Mercury_Monitoring_ASGM_Sites-Technical_Document.pdf)

Selin, N. E. (2009). Global biogeochemical cycling of mercury: A review. *Annual Review of Environment and Resources*, 34, 43–63. <https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.051308.084314>

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental - SPDA. (2023). Minería ilegal: imágenes alertan que el Nanay se estaría convirtiendo en la nueva “La Pampa”. *Actualidad Ambiental*. <https://www.actualidadambiental.pe/mineria-ilegal-imagenes-alertan-que-el-nanay-se-estaria-convirtiendo-en-la-nueva-pampa/>

Szponar, N., Vega, C. M., Gerson, J., McLagan, D. S., Pillaca, M., Delgado, S., Lee, D., Rahman, N., Fernandez, L. E., Bernhardt, E. S., Kiefer, A. M., Mitchell, C. P. J., Wania, F., & Bergquist, B. A. (2025). Tracing atmospheric mercury from artisanal and small-scale gold mining. *Environmental Science & Technology*, 59(10), 5021–5033. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c10521>

Silman, A. K., Chhabria, R., Hafzalla, G. W., Giffin, L., Kucharski, K., Myers, K., Culquichicón, C., Montero, S., Lescano, A. G., Vega, C. M., Fernández, L. E., Silman, M. R., Kane, M. J., & Sanders, J. W. (2022). Impairment in Working Memory and Executive Function Associated with Mercury Exposure in Indigenous Populations in Upper Amazonian Peru. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10989. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710989>

Ullrich, S. M., Tanton, T. W., & Abdrashitova, S. A. (2001). Mercury in the aquatic environment: A review of factors affecting methylation. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 31(3), 241–293. <https://doi.org/10.1080/20016491089226>

Vega, C. M., Pisconte, J. N., García, C., Torres, M. I., Salcedo, K.D. & Fernandez, L. E. (2025). Niveles de exposición a mercurio en peces y en pobladores de comunidades ribereñas en la cuenca del río Nanay y Pintuyacu (Loreto, Perú). Puerto Maldonado, Perú: Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA) y Fundación para la Conservación y Desarrollo Sostenible (FCDS). <https://cincia.org/evaluacion-de-la-exposicion-a-mercurio-en-peces-y-en-pobladores-de-comunidades-riberenas-de-la-cuenca-de-los-rios-nanay-y-pintuyacu-loreto-peru/>

Vega, C. ., Araujo-Flores, J., Mujica, O., Farfán, J., Torres, M., Ascorra, C., Silman, M., & Fernández, M. (2020). Mercurio en el Parque Nacional Del Manu. Exposición a mercurio ambiental en comunidades Matsigenkas. *CINCIA*, 6, 1689–1699. <https://cincia.org/wp-content/uploads/Mercurio-en-el-Parque-Nacional-del-Manu.pdf>

Vega, C. M., Araujo, J., Román, F., & Fernandez, L. E. (2018). Mercurio en peces de pozas mineras en Madre de Dios, Perú (Resumen de Investigación No. 2). Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA). <https://cincia.org/mercurio-en-peces-de-pozas-mineras-en-madre-de-dios-peru/>

Webb, J., Coomes, O. T., Mainville, N., & Mergler, D. (2015). Mercury contamination in an indicator fish species from Andean Amazonian rivers affected by petroleum extraction. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 95(3), 279–285. <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1588-3>

Wiener, J. G., Krabbenhoft, D. P., Heinz, G. H., & Scheuhammer, A. M. (2003). Ecotoxicology of mercury. In D. J. Hoffman, B. A. Rattner, G. A. Burton Jr., & J. Cairns Jr. (Eds.), *Handbook of ecotoxicology* (2nd ed., pp. 409–463). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420032505.ch16>

Yupanqui, O., Novoa, S., Finer, M., García, C., & Saboya, B. (2023). Proliferación de la minería ilegal en los ríos de la Amazonía peruana – Región norte (MAAP: 187). Monitoring of the Andean Amazon Project (MAAP). <https://www.maaprogram.org/es/mineria-loreto-peru/>

