

Paul A. Van Damme, Mabel Maldonado, Marc Pouilly y Carolina R.C. Doria (dir.)

Aguas del Iténez o Guaporé
Recursos hidrobiológicos de un patrimonio binacional (Bolivia y Brasil)

IRD Éditions

Diagnóstico de la contaminación por mercurio en la cuenca boliviana del río Iténez

Diagnóstico da contaminação de mercurio na bacia do rio Iténez

Review of mercury contamination in the iténez river basin (bolivian amazon)

Marc Pouilly, Tamara Pérez, Fabiola Guzmán, Pamela Paco, Jean-Louis Duprey y Jacques Gardon

DOI: 10.4000/books.irdeditions.18507

Editor: IRD Éditions, Edición Impresa

Lugar de edición: IRD Éditions, Edición Impresa

Año de edición: 2013

Publicación en OpenEdition Books: 27 noviembre 2018

Colección: D'Amérique latine

ISBN electrónico: 9782709925372



<http://books.openedition.org>

Referencia electrónica

POUILLY, Marc ; et al. *Diagnóstico de la contaminación por mercurio en la cuenca boliviana del río Iténez* In: *Aguas del Iténez o Guaporé: Recursos hidrobiológicos de un patrimonio binacional (Bolivia y Brasil)* [en línea]. Marseille: IRD Éditions, 2013 (generado el 07 janvier 2020). Disponible en Internet: <<http://books.openedition.org/irdeditions/18507>>. ISBN: 9782709925372. DOI: 10.4000/books.irdeditions.18507.

Este documento fue generado automáticamente el 7 enero 2020. Está derivado de una digitalización por un reconocimiento óptico de caracteres.

Diagnóstico de la contaminación por mercurio en la cuenca boliviana del río Iténez

Diagnóstico da contaminação de mercurio na bacia do rio Iténez

Review of mercury contamination in the iténez river basin (bolivian amazon)

Marc Pouilly, Tamara Pérez, Fabiola Guzmán, Pamela Paco, Jean-Louis Duprey y Jacques Gardon



INTRODUCCIÓN

- 1 La contaminación por mercurio afecta cada vez a más pobladores en la cuenca Amazónica, además se han descrito impactos de este metal pesado en la salud humana a concentraciones que antes se consideraban sin efecto. El riesgo de contaminación aumenta debido a la sinergia de dos causas principales: por un lado, un reservorio y fuente natural de mercurio almacenado por procesos milenarios en los suelos de la región y, por otro lado, un aumento de la erosión de los suelos en los últimos decenios, que libera este metal y favorece su transferencia hacia el ser humano.
- 2 La cantidad de mercurio transportado por los ríos depende del nivel natural de mercurio en los suelos de las partes altas de la cuenca, de la tasa de erosión natural, de la tasa de erosión generada por las actividades antrópicas y de un eventual aporte de mercurio exógeno, como por ejemplo de la minería de oro. Dicha cantidad no es constante a lo largo del tiempo: la evolución durante cien años de las concentraciones de mercurio en los sedimentos del río Beni demuestra que existe un incremento de estos valores desde los años 1970-1980 (Maurice-Bourgoin *et al.*, 2004). Esta evolución puede explicarse por la intensificación de las actividades antrópicas, por lo cual es probable que la tendencia a un incremento del mercurio en el río Beni y en los otros grandes ríos de la Amazonia boliviana (Madre de Dios, Mamoré e Iténez) se mantenga en las próximas décadas a medida que se incrementa la presión antrópica en cada cuenca.
- 3 Las llanuras de inundación de los ríos y las lagunas ubicadas en ellas, debido en particular a la producción de plantas acuáticas y la descomposición de la materia orgánica, son lugares favorables para la mediación, proceso químico que transforma el mercurio en metilmercurio, más fácilmente asimilable por los organismos y más tóxico que el mercurio. El metilmercurio se acumula en los organismos gracias a dos factores principales: la bioacumulación y la biomagnificación. La bioacumulación depende del tiempo de exposición del organismo a concentraciones superiores a las que puede excretar (Padovani *et al.*, 1993), por lo tanto la tasa de mercurio está relacionada con el tamaño y la edad del organismo. La biomagnificación corresponde al incremento de la concentración del mercurio de un nivel de la cadena trófica inferior a otro superior. La tasa de mercurio en un organismo depende también del régimen alimenticio (un predador de un alto nivel trófico presenta mayor concentración de mercurio). Como resultado de estos procesos, las especies depredadoras de alto nivel trófico pueden presentar 10 000 a 100 000 veces más mercurio que el presente en el medio ambiente. En un medio contaminado, el ser humano se encuentra expuesto al mercurio de forma directa (por respiración o contacto) e indirecta por la alimentación. En este último caso, el proceso de biomagnificación puede alcanzar altos niveles ya que por sus hábitos alimenticios, el ser humano consume depredadores de alto nivel trófico como son los peces piscívoros.
- 4 En la Amazonía, se han reportado varios casos de acumulación de mercurio en seres humanos. Los mayores niveles de exposición se encuentran en el Brasil (Malm *et al.*, 1995; Bidone *et al.*, 1997). Las poblaciones que se encuentran en mayor riesgo son las que consumen más pescado, como son los mismos pescadores (Hacon *et al.*, 1997); pero algunos estudios también demuestran mayor riesgo para los hombres que para mujeres (Malm *et al.*, 1995; Fréry *et al.*, 2001), además, MauriceBourgoin *et al.* (2000) demostraron un alto riesgo para niños, sin que estos resultados puedan ser generalizados. Los riesgos

de acumulación de mercurio por el ser humano en la zona amazónica boliviana son altos debido a su alta concentración en los suelos, incrementando su disponibilidad cuando estos se encuentran carentes de cobertura vegetal o cuando están afectados por actividades humanas que incrementan la erosión.

- 5 La minería del oro, que utiliza mercurio para la amalgamación, es otro factor que afecta los aportes de mercurio en los ecosistemas bolivianos. En Bolivia, la zona donde se ha evaluado la exposición al mercurio son las cuencas del río Madre de Dios (Maurice-Bourgoin & Quiroga, 2002) y del río Beni (Alanoca, 2001; Monroy *et al.*, 2008; Barberi *et al.*, 2009).
- 6 La cuenca del río Iténez, compartida entre Bolivia y Brasil, se encuentra afectada por dos realidades diferentes. La parte brasileña está altamente degradada por deforestación y una intensiva actividad agrícola. Por el contrario, la parte boliviana, poco poblada y sin actividades antrópicas de gran alcance, está bastante conservada y cubierta por extensas zonas de bosque. Sin embargo, la cuenca media y baja del río Iténez está sometida a una fuente potencial de contaminación por el área minera de la Serranía San Simón (Beni, Bolivia), donde posiblemente se emplean grandes cantidades de mercurio (15.36 toneladas por año, Hentschel *et al.*, 2000).
- 7 En el presente trabajo, se presenta un primer diagnóstico de la contaminación por mercurio en la cuenca del río Iténez a nivel de sólidos suspendidos, de los peces y de las poblaciones humanas ribereñas. Se ha utilizado un diseño experimental en el que se buscó comparar datos del río Iténez (como zona potencialmente contaminada por varios factores de presión antrópica) con datos de la zona de Bella Vista, que representa una zona muy poco intervenida y donde se encuentran dos ríos con diferentes tipos de aguas (aguas blancas en el río Blanco y aguas claras en el río San Martín).

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

- 8 Ubicado al noreste de Bolivia, el río Iténez se constituye en una frontera natural de 870 km entre Bolivia y Brasil, hasta la confluencia con el río Mamoré. Nace en el estado de Mato Grosso (Brasil) e ingresa a Bolivia en las inmediaciones de la población de Catamarca hasta desembocar en el río Mamoré para formar el río Madera. Su cuenca tiene una extensión de 266 460 km² (186 460 km² en territorio boliviano y 80 000 km² en territorio brasileño).
- 9 Morfológicamente la cuenca Iténez se caracteriza por una planicie de origen fluvio-lacustre (altitud de 114 msnm en la confluencia con el río Mamoré) y serranías formadas por afloramientos de roca basáltica (hasta los 1600 msnm de altitud). Estas características generan dos principales tipos hidrogeoquímicos: los ríos que drenan áreas fluvio-lacustres correspondientes principalmente a aguas blancas con un elevado contenido de nutrientes y sedimentos; mientras que los ríos que drenan las zonas de serranías presentan aguas claras/negras con un contenido de nutrientes intermedio y una baja tasa de sedimento.
- 10 La cuenca Iténez en Bolivia drena dos unidades geofísicas diferentes: una es la llanura aluvial que recorre el río Itonamas y sus afluentes (Parapetí, Machupo, y otros) de relieve plano a ligeramente ondulado, disectada por ríos meandriformes y modelada

sobre espesos depósitos cuaternarios de loess, limos, arcillas y arenas. La otra unidad corresponde al Escudo Brasileiro sobre el cual discurre el río Iténez y afluentes como el San Martín, Paraguá y otros; el relieve es ligeramente alto y plano formado sobre un conjunto de afloramientos de rocas precámbricas con una cobertera laterítica sobrepuesta, entre la cual se alinean serranías constituidas por rocas metamórficas y sedimentarias. Las características geológicas descritas condicionan que las llanuras aluviales aporten elevados contenidos de material suspendido y disuelto a los cursos de agua, por lo que se categorizan como aguas blancas, en tanto que las aguas provenientes del Escudo, tienen contenidos muy bajos de dichos materiales por lo cual sus aguas se identifican como claras.

- 11 El diseño experimental considera la evaluación de las concentraciones de mercurio en la fracción particulada del agua, en peces (músculo dorsal) y en pobladores locales (cabellos) en sitios repartidos en tres grupos (Fig. 1):
- Referencia natural: dos sitios ubicados en una cuenca de bajo impacto antropogénico: río Blanco (aguas blancas) y río San Martín (aguas negras/claras);
 - Gradiente longitudinal del Iténez: seis sitios repartidos en el río Iténez, entre la confluencia con el río Paraguá y 100 km río arriba de la confluencia con el río Mamoré;
 - Sectores potencialmente impactados: seis sitios en afluentes del río Iténez afectados por la deforestación (3 sitios) o por la mina de la Serranía San Simón (3 sitios).

Geoquímica

- 12 Se realizaron dos a tres puntos de muestreo en cada sitio de referencia natural y del gradiente longitudinal (uno o dos en lagunas y uno en el río). En los sitios de sectores potencialmente impactados se realizó sólo un punto de muestreo en el río. Además se realizaron dos puntos de muestreo en arroyos directamente en la Serranía San Simón, en los posibles efluentes de la mina.
- 13 En el campo se siguió el protocolo de muestreo y manipulación ultra limpio propuesto por Gilí & Fitzgerald (1987). En cada punto de muestreo se obtuvo una muestra de la fracción particulada (material en suspensión) contenida en el agua; para ello se sumergió un envase, previamente enjuagado en el agua de muestra, luego se separó por filtración de un volumen conocido de agua hasta total colmatación de un filtro GF/F (7 μm). Los filtros fueron guardados individualmente y refrigerados hasta su análisis. En cada punto se obtuvieron dos filtros (replicados) para el análisis de mercurio particulado total y sólidos suspendidos en el agua ([SS] en mg.l^{-1} que corresponde al peso de sólidos colectados por el volumen de agua que fue filtrado). Los parámetros físico-químicos clásicos (pH, conductividad y temperatura) fueron medidos en el campo con un equipo electrónico Consort C535.
- 14 Los resultados de concentración de mercurio en la fracción particulada se expresaron de dos formas: a) la cantidad de mercurio total por peso de sólidos suspendidos o mercurio particulado en el agua ($[\text{Hg}]_p$ en ng.g^{-1}) $[\text{Hg}]_p$ sirve de indicador de la cantidad de mercurio transferido por erosión de los suelos hasta el río o de la cantidad de mercurio externo aportado por una actividad como la minería de oro; b) la cantidad de mercurio por volumen de agua ($[\text{Hg}]_v$ en ng.l^{-1}) que depende directamente de $[\text{Hg}]_p$ y de la carga sedimentaria del río (cantidad de sólidos suspendidos [SS] por volumen de agua). $[\text{Hg}]_v$ da un valor absoluto de la cantidad de mercurio particulado cargado por el río o que está presente en el agua de una laguna. Para conocer la cantidad de mercurio

total del agua se debe añadir medidas de mercurio disuelto que no fueron incluidas en este trabajo, debido a que eran inferiores a los límites de detección del sistema analítico utilizado en el LCA La Paz.

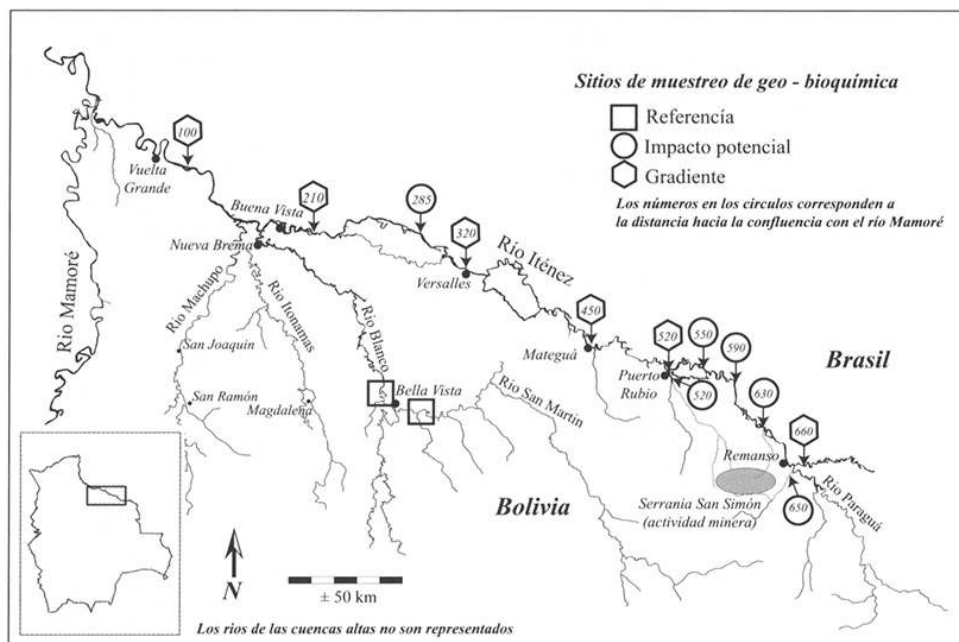


Figura 1. RED HIDROGRÁFICA PRINCIPAL DE LA PARTE BOLIVIANA DE LA CUENCA ITÉNEZ Y SITIOS DE MUESTREO DE GEOQUÍMICA Y BIOQUÍMICA EN EL MARCO DE ESTE ESTUDIO.

Peces

- 15 Para determinar las concentraciones de mercurio en los peces, se realizaron dos campañas de captura durante la época seca del año (junio y septiembre), en lagunas de los dos sitios de referencia y en los seis puntos del gradiente longitudinal del río Iténez. En total 19 lagunas fueron muestreadas (15 en los seis sitios del río Iténez y cuatro en los dos sitios de referencia natural).
- 16 Los especímenes fueron capturados principalmente con redes agalleras. Cerca de las poblaciones de Remanso y Bella Vista, además, se muestrearon peces capturados por los pescadores comerciales. Una vez colectados los peces, se determinó la longitud estándar y peso de cada individuo y se tomó una muestra de músculo dorsal que se almacenó de forma individual en frascos de polímero de etilenopropileno (PEP), conservándolos a menos de 4°C para evitar su degradación.
- 17 El análisis de mercurio en muestras de músculo dorsal previamente liofilizadas fue realizado en el LCA (IE-UMSA, La Paz), mediante el método de digestión ácida y lectura en espectrofotómetro de absorción atómica. Cada 16 muestras de peces se midieron dos blancos con material de referencia certificado TORT (valor certificado: $0.27 \pm 0.06 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, valor medido: $0.28 \pm 0.04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) y DOLT-2 (valor certificado: $2.14 \pm 0.28 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, valor medido: $2.02 \pm 0.17 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Para determinar la concentración de mercurio en peso fresco (pf) se empleó una corrección por contenido de humedad perdida durante la liofilización.

Concentración de mercurio en cabellos de seres humanos

- 18 Se seleccionaron cinco comunidades pertenecientes a los municipios de Baures (Piso Firme, Remanso, Mateguá) y Magdalena (Versalles y Nueva Brema). Estas comunidades, a excepción de Nueva Brema y Piso Firme (comunidades de “control”), tienen como característica común al río Iténez como fuente de trabajo y alimentación. Nueva Brema se encuentra en la ribera del río Blanco, afluente directo del río Iténez, y Piso Firme es una comunidad ribereña del río Paraguá, también afluente del río Iténez (Fig. 1). Todas son comunidades pequeñas, generan electricidad por motores a diesel, ninguna cuenta con agua potable, ni alcantarillado. Dentro de las actividades principales de sus habitantes se tiene la pesca, la caza y en pequeño porcentaje la crianza de animales de corral.
- 19 Durante una primera fase del proyecto (mayo 2007), se realizaron entrevistas a los pobladores de las comunidades para realizar un censo de la población, investigar los hábitos alimenticios y obtener datos demográficos y generales sobre ocupación y tiempo de vida en la comunidad. A partir del censo se seleccionó al azar 301 participantes distribuidos entre las cinco comunidades, excluyendo a las personas que no quieren participar y a los menores de dos años. La evaluación de la acumulación de mercurio en seres humanos se realizó utilizando muestras de cabello, considerando que la concentración de mercurio total en cabello es un buen indicador de la contaminación por metilmercurio (Berglund *et al.*, 2005; Kehrig *et al.*, 1998). Por cada participante se tomaron alrededor de 500 mg de cabello de la región occipital, a 2 mm de la piel cabelluda con tijeras de acero inoxidable. La muestra fue colocada en fichas de cartulina blanca identificada con un código anónimo. El análisis de la cantidad de mercurio contenido en los cabellos se realizó en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UMSA mediante un espectrofotómetro de fluorescencia atómica por vapor frío (CVAFS).
- 20 Este estudio fue evaluado previamente por el Comité de Bioética de Bolivia para su aprobación. Al término del estudio, los resultados globales fueron explicados a la población en una reunión pública, mientras que el resultado específico de cada participante fue entregado en forma privada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Geoquímica

- 21 Las concentraciones de mercurio fueron estimadas en 27 puntos procedentes de los dos sitios de referencia (2 puntos de ríos y 4 en lagunas), los seis sitios de gradiente longitudinal del río Iténez (6 puntos de ríos y 9 en lagunas) y los seis sitios potencialmente impactados (3 puntos en ríos procedentes de la serranía San Simón y 3 puntos en ríos con una cuenca deforestada).
- 22 Las concentraciones de mercurio particulado ([Hg]p) varían en los puntos de muestreo desde 39 hasta 440 ng.g⁻¹. Los promedios por sitios varían de 113 (río Blanco) hasta 231ng.g⁻¹ (lagunas del Iténez). Estos resultados son inferiores a lo encontrado en dos arroyos de drenaje de la mina San Simón, que son superiores por 40 veces (promedio de 10 327ng.g⁻¹). Estos resultados se pueden explicar por: a) un aporte de mercurio exterior debido a las actividades de la mina, lo que concuerda con las observaciones de

Hentschel *et al.* (2000) que afirman que se usa 15.36 toneladas de mercurio por año en esta mina, o b) más dudosamente a una anomalía geológica que podría explicar que el suelo de esa serranía contiene más mercurio que los otros terrenos de la cuenca.

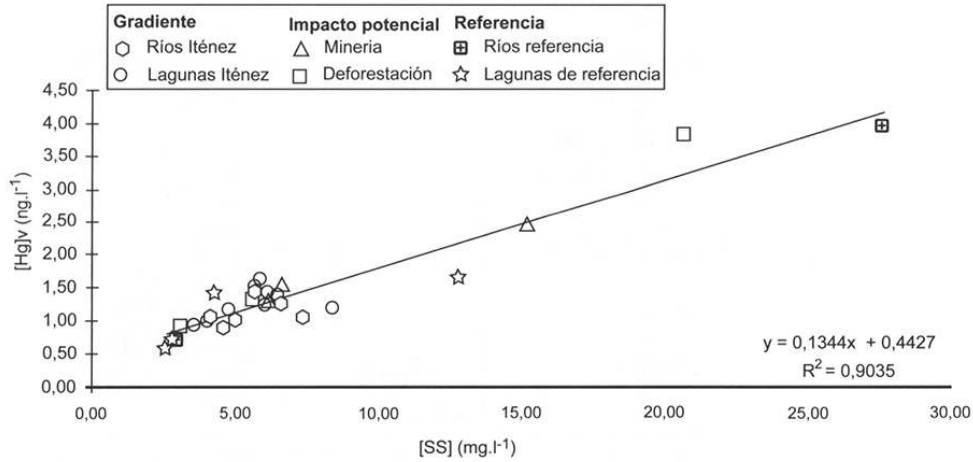


Figura 2. RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE MERCURIO TOTAL POR VOLUMEN DE AGUA ([Hg]v) Y LA CANTIDAD DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA ([SS]) EN 27 PUNTOS DE MUESTREO DE LA CUENCA ITÉNEZ. LOS DIFERENTES SÍMBOLOS PRESENTAN EL TIPO DE HÁBITAT (RÍO O LAGUNA) Y EL TIPO DE LOS SITIOS (REFERENCIA, GRADIENTE, IMPACTADO; VER FIG. 1).

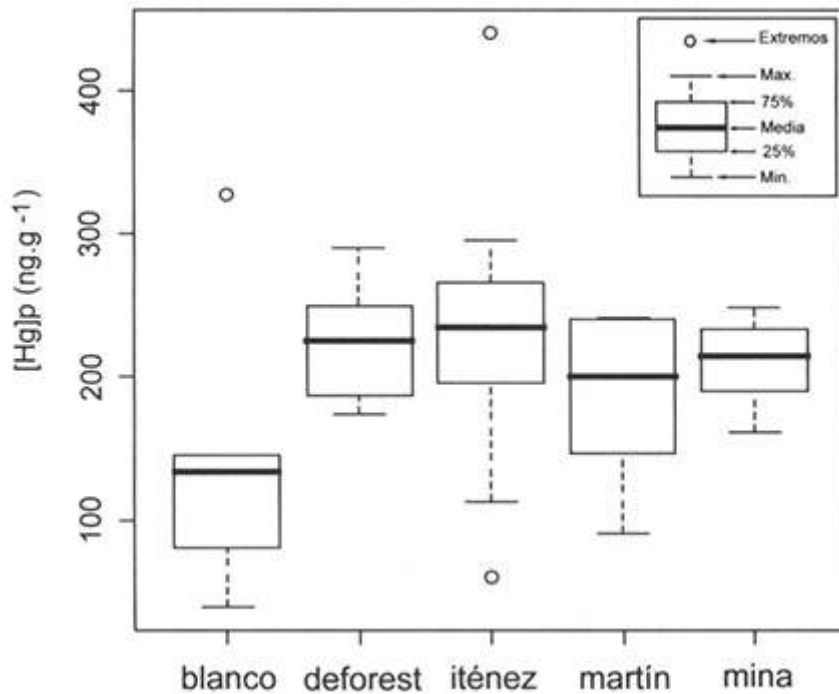


FIGURA 3. Boxplot de distribución estadística de la cantidad de mercurio total por peso de sedimento ([Hg]p en ng.g⁻¹) en tres grupos de puntos influenciado por actividades antrópicas: impactado por la deforestación (deforest, n = 3) o la minería (mina, n = 3), puntos del gradiente longitudinal del Iténez (iténez, n = 15) y dos grupos de puntos en sistemas de referencia natural: ríos Blanco (blanco, n = 3) y San Martín (martín, n = 3).

- 23 Existe una relación lineal significativa ($r^2 > 0.9$, $p < 0.001$) entre la cantidad de mercurio por volumen de agua ([Hg]v) y la cantidad de material en suspensión por volumen de agua, lo cual indica que a mayor turbidez del agua mayor será la cantidad de mercurio

que transporta (Fig. 2). Esta relación es trivial (debido a que el cálculo de $[Hg]$ se basa en una relación de tipo $[Hg]_v = [Hg]_p * [SS]$) pero ilustra que para el área de estudio la variación de mercurio se explica en primer lugar por la carga sedimentaria de los ríos. Al contrario, la concentración de mercurio particular ($[Hg]_p$) no se diferencia significativamente entre los sitios (ANOVA $F=1.64$, $dl=4$, $p=0.18$) aunque existe una tendencia de menor $[Hg]_p$ en los dos sitios de referencia y en especial en el río Blanco (Fig. 3). Por lo tanto se puede concluir que, a exclusión de los arroyos de la Serranía San Simón, de forma global, las concentraciones de mercurio naturalmente presentes en los suelos no varían entre los diferentes sectores.

- 24 Sin embargo, las concentraciones de mercurio adsorbido en el sedimento ($[Hg]_p$) presentan variaciones estacionales diferentes según los sectores (Fig. 4). Eos valores de $[Hg]_p$ no varían entre las dos épocas en los sectores impactados (Iténez, deforestación y mina, Prueba Kruskal-Wallis, $dl=1$, respectivamente $KW=0.34$, $p=0.56$; $KW=0.05$, $p=0.82$; $KW=0.43$, $p=0.51$), aunque en los dos ríos de referencia se observa una reducción significativa del mercurio en septiembre (Prueba Kruskal-Wallis, $dl=1$, Río Blanco $KW=3$, $p=0.083$; Río San Martín $KW=3$, $p=0.083$).

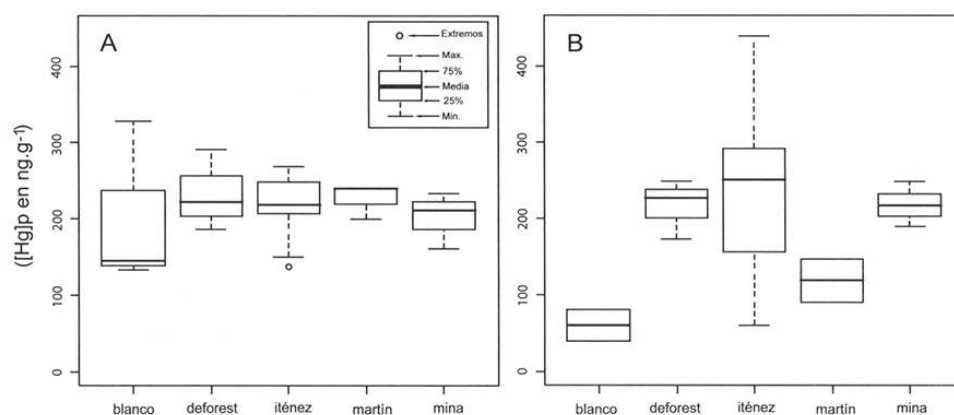


Figura 4. BOXPLOT DE DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DE LA CANTIDAD DE MERCURIO PARTICULAR ($[Hg]_p$ EN $ng \cdot g^{-1}$) EN JUNIO (A) Y SEPTIEMBRE (B) DEL 2007, EN TRES GRUPOS DE PUNTOS INFLUENCIADO POR ACTIVIDADES ANTRÓPICAS: IMPACTADO POR LA DEFORESTACIÓN (DEFOREST, $N=3$) O LA MINERÍA (MINA, $N=3$), PUNTOS DEL GRADIENTE LONGITUDINAL DEL ITÉNEZ (ITENEZ, $N=15$) Y DOS GRUPOS DE PUNTOS EN SISTEMAS DE REFERENCIA NATURAL: RÍOS BLANCO (BLANCO, $N=3$) Y SAN MARTÍN (MARTÍN, $N=3$).

- 25 Una interpretación tentativa podría considerar que los sistemas que están influenciados por actividades que promueven la erosión de los suelos reciben todo el año suspensiones enriquecidas en mercurio, mientras que en sistemas naturales este fenómeno aparece solo en época de aguas altas. En este último caso, durante la época de aguas bajas, cuando el río no sobrepasa su barranco, el material en suspensión arrastrado está menos enriquecido en mercurio quizás por el lavado anteriormente mencionado. La estacionalidad en el aporte de mercurio en sistemas naturales ya fue observada en la cuenca del río Beni, donde Maurice-Bourgoin *et al.* (2003) mostraron que 80 a 88% del Hg aportado por la erosión de las cuencas andinas a la llanura de inundación ocurre entre enero y abril (época de aguas altas).

Peces

- 26 Los resultados agrupan los sitios de pesca para comparar el río Iténez (15 lagunas repartidas en los seis sitios indicados en la figura 1) los dos ríos de referencia: el río

Blanco con una alta carga sedimentaria (2 lagunas) y el río San Martín con una baja carga sedimentaria (2 lagunas). Las concentraciones de mercurio fueron medidas en 760 individuos de 21 especies de peces de la cuenca Iténez repartidas en 5 grupos tróficos: detritívoros (*Curimatella cf. alburna*, *Hemiodus unimaculatus*, *Potamorhina latior*, *Psectrogaster essequibensis*, *Psectrogaster rutiloides*), herbívoros (*Schizodon fasciatus*, *Colossoma macropomum*), invertívoros (*Bryconops sp. Triportheus angulatus*), zooplanctívoros (*Hypophthalmus edentatus*, *Hypophthalmus marginatus*) y piscívoros (*Acestrorhynchus altus*, *Acestrorhynchus microlepis*, *Ageneiosus breviflis*, *Cichla pleiozona*, *Hoplias malabaricus*, *Phractocephalus hemiliopterus*, *Plagioscion squamosissimus*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *Pseudoplatystoma tigrinum*, *Pygocentrus nattereri*). Varían desde $0.005 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en un individuo de piao del campo (*S. fasciatus*) de la zona de Bella Vista (referencia), hasta $0.515 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en un individuo de corvina (*P. squamosissimus*) de la zona de Remanso (río Iténez cerca de la mina de la serranía de San Simón) (Pouilly *et al.*, 2008). Este último es el único individuo que sobrepasa el límite de toxicidad de $0.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (OMS/WHO, 1990). El 3% de los peces del río Iténez sobrepasan el nivel de toxicidad potencial de $0.3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (EPA, 2001).

- 27 Las tasas de mercurio aumentan desde los grupos tróficos inferiores (herbívoros, detritívoros) hasta los superiores (piscívoros), demostrando un efecto de biomagnificación a lo largo de la cadena trófica (Tabla 1). Las tasas de mercurio de los peces herbívoros, piscívoros y zooplanctívoros son mayores en el río Iténez que en los dos ríos de referencia (Tabla 1, ANOVA, $p < 0.05$). Para los detritívoros e insectívoros no existen diferencias significativas entre las tasas de mercurio en los tres ríos (ANOVA, $p = 0.095$ y $p = 0.173$, respectivamente).
- 28 De forma mas detallada, para las poblaciones de seis especies comparadas en los tres ríos, los peces del río Iténez presentan mayores concentraciones de mercurio que los dos ríos de la zona de referencia natural (Fig. 5). Las menores concentraciones de mercurio varían entre los ríos de referencia, lo que indica que es posible que la alimentación de estas especies en ellos sea diferente en relación a la disponibilidad de alimento en cada uno. En el caso del Iténez, las mayores concentraciones pueden estar relacionadas con el impacto antrópico que se ejerce en la zona (agricultura, ganadería y minería, entre otros).

Tabla 1. CONCENTRACIONES DE MERCURIO (EN PESO FRESCO) EN LOS PRINCIPALES GRUPOS TRÓFICOS DE PECES DE LOS RÍOS ITÉNEZ, BLANCO Y SAN MARTÍN.

Grupos tróficos	Río	Número de especies	Número de individuos	Hg promedio	Hg min	Hg max
Detritívoros	San Martín	2	16	0.0422	0.0106	0.0706
	Blanco	2	9	0.0681	0.0251	0.1855
	Iténez	4	73	0.0514	0.0045	0.1222
Herbívoros	San Martín	1	21	0.0430	0.0016	0.0846
	Blanco	2	27	0.0383	0.0004	0.0854
	Iténez	2	74	0.0568	0.0024	0.2650
Insectívoros	San Martín	1	15	0.0755	0.0238	0.1642
	Blanco	2	22	0.0649	0.0197	0.1360
	Iténez	1	37	0.0842	0.0162	0.1794
Piscívoros	San Martín	5	102	0.1045	0.0112	0.4827
	Blanco	7	73	0.1120	0.0095	0.3712
	Iténez	9	284	0.1518	0.0023	0.5148
Zooplanctívoros	Blanco	1	2	0.1386	0.0989	0.1784
	Iténez	1	5	0.4224	0.3247	0.4826

Tabla 2. CONCENTRACIONES DE MERCURIO (EN PESO FRESCO) Y TAMAÑO (LS EN MM) DE OCHO ESPECIES DE PECES COMERCIALES CAPTURADOS EN TRES RÍOS DE LA CUENCA DEL RÍO ITÉNEZ.

Especies	Río	No. Individuos	Hg promedio	Hg min	Hg max	LS min	LS max
<i>Cichla pleiozona</i>	Iténez	19	0.143	0.058	0.280	185	455
	San Martín	16	0.079	0.022	0.148	185	435
<i>Hoplias malabaricus</i>	Iténez	65	0.132	0.002	0.319	118	365
	Blanco	24	0.088	0.042	0.197	164	410
	San Martín	24	0.097	0.015	0.483	215	456
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Iténez	40	0.163	0.007	0.389	315	820
	Blanco	4	0.169	0.053	0.257	394	452
	San Martín	9	0.199	0.011	0.379	263	505
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Iténez	75	0.184	0.028	0.472	73	366
	Blanco	20	0.145	0.010	0.350	128	234
	San Martín	26	0.101	0.017	0.204	143	250
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	Iténez	16	0.094	0.007	0.210	304	780
	San Martín	4	0.104	0.067	0.126	445	547
<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	Iténez	16	0.169	0.010	0.447	317	908
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Iténez	4	0.302	0.117	0.515	320	490
	Blanco	11	0.136	0.029	0.371	213	415
<i>Colossoma macropomum</i>	Iténez	15	0.083	0.002	0.265	228	785
	Blanco	5	0.054	0.035	0.085	212	313

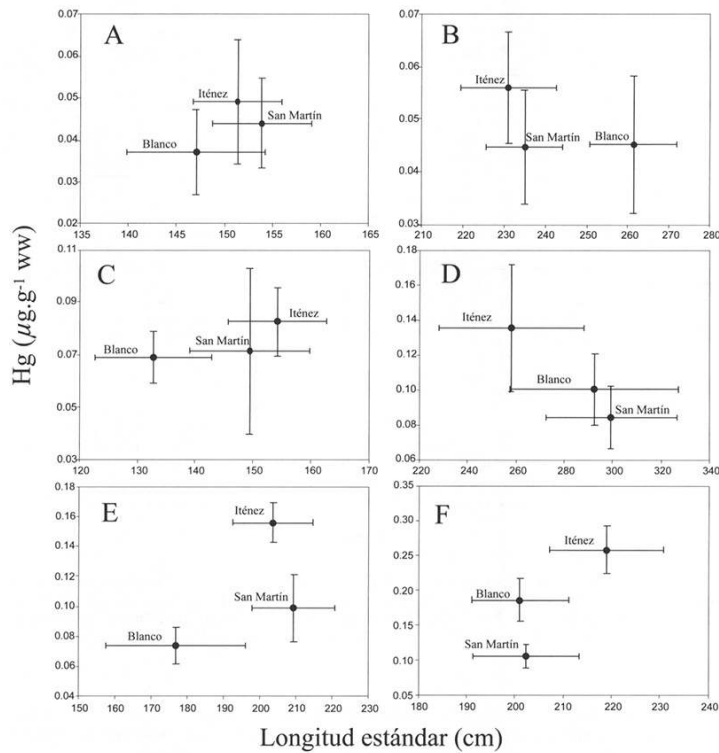


FIGURA 5. Comparación de las tasas de mercurio de seis especies en la cuenca del río Iténez. A) *Curimatella cf. alburno*; B) *Schizodon fasciatus* (piao del campo); C) *Triportheus angulatus* (sardina); D) *Hoplias malabaricus* (bentón); E) *Acestrorhynchus altus* (pez cachorro); F) *Pygocentrus nattereri* (Piraña roja). Las líneas horizontales representan la variabilidad del 1.96 de error estándar de la longitud estándar y las líneas verticales representan la variabilidad del 1.96 de error estándar de las tasas de mercurio.

- 29 Se estudiaron ocho especies comerciales. A excepción de los *Pseudoplatystoma*, todas las especies comerciales presentan concentraciones de mercurio más altas en el río Iténez que en los ríos de referencia (Tabla 2). El pacú (*Colossoma macropomum*), el general (*Phractocephalus hemiliopterus*), la corvina (*Plagioscion squamosissimus*) y el pintado/chuncuina (*Pseudoplatystoma tigrinum*) solo fueron capturados en una de las zonas estudiadas. El surubí (*Pseudoplatystoma fasciatum*), el tucunaré (*Cichla pleiozona*), la piraña roja (*Pygocentrus nattereri*) y el bentón (*Hoplias malabaricus*) pueden ser comparados entre los diferentes ríos estudiados y a lo largo del río Iténez. Para tres de estas cuatro especies comerciales, las tasas de mercurio tienden a disminuir a lo largo del río Iténez, desde el sector del Alto Iténez hacia Remanso, Mategua y Versalles (Fig. 6). La población de tucunaré (*Cichla pleiozona*) presenta tasas de mercurio más elevadas en Versalles; esto puede deberse al reducido número de individuos (cinco) y quedaría por confirmar.

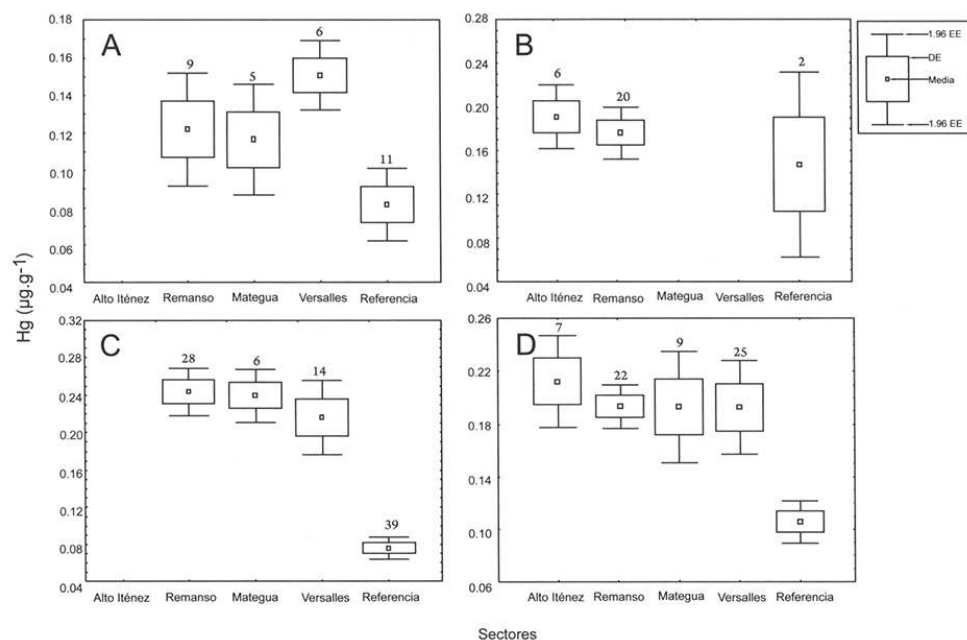


FIGURA 6. Boxplot de distribución estadística de las tasas de mercurio para cuatro especies de peces comerciales en diferentes sectores del río Iténez (Alto Iténez, Remanso, Mategua y Versalles) y en ríos de referencia natural (ríos Blanco y San Martín). A) *Cichla pleiozona* (tucunaré); B) *Pseudoplatystoma fasciatum* (surubí); C) *Hoplias malabaricus* (bentón); D) *Pygocentrus nattereri* (piraña roja). El número de individuos está indicado encima de cada cuadrado.

- 30 El área de influencia de la contaminación por el mercurio empleado en la amalgamación y los sedimentos removidos en las minas auríferas puede alcanzar 150 Km² (Roulet, 2001). Aunque este impacto no ha sido probado en peces, nuestros resultados podrían interpretarse, por lo menos parcialmente, como un indicio del efecto de la mina de San Simón sobre las concentraciones de mercurio en los peces. Siguiendo esta área de influencia, la mina de San Simón podría tener efectos hasta la población de Mateguá; sin embargo, en la zona de Versalles se encuentran tasas de mercurio incluso superiores a las encontradas en la zona de Mateguá, lo que sugiere que en este caso existen otros factores como la entrada de sedimentos desde las cuencas brasileras degradadas por la deforestación, que pueden estar jugando un rol en la concentración de mercurio en peces.

Cabellos de seres humanos

- 31 La media general de concentraciones de mercurio en los cabellos de los 301 pobladores muestreados en cinco comunidades de la cuenca del río Iténez (tres en el río Iténez y dos en afluentes de este río) fue de 2.98 µg.g⁻¹. Este valor no sobrepasa el nivel recomendable internacionalmente reconocido (No Observed Effect Level, NOEL: 10 µg.g⁻¹), sin embargo dos personas presentaron un nivel superior (una en Remanso y una en Piso Firme, las dos poblaciones mas cercanas a la mina de San Simón) y tres se acercaban a este nivel (concentraciones entre 8 y 10 µg.g⁻¹). Los niveles de mercurio encontrados confirman un cierto nivel de exposición de estas poblaciones. Sin embargo, estos niveles son relativamente bajos y en las comunidades de estudio no representan un peligro para la salud.
- 32 Los resultados muestran que existe una relación entre la cantidad de Hg encontrado en las comunidades y el nivel de consumo de pescado: cuanto mayor sea el consumo de

pescado existe la probabilidad de que la cantidad de Hg en el cabello vaya en aumento (Paco *et al.*, 2008). También, existe una diferencia significativa de concentraciones de mercurio entre las comunidades del río Iténez y de los otros ríos (Fig. 7). Esta diferencia revela que existe mayor probabilidad de tener niveles más altos de mercurio en poblaciones ribereñas del río Iténez en comparación a los otros ríos. Estos resultados hacen suponer que puede existir algún tipo de relación entre los ingenios mineros y los niveles de contaminación, o por lo menos con el estado general de degradación de la cuenca del río Iténez.

- 33 Dentro del territorio boliviano, hasta el momento no se han reportado patologías asociadas a la contaminación por metilmercurio, pero los estudios son escasos y siguen incompletos. Existen hasta la fecha solo tres estudios de estimación de las tasas de mercurio en poblaciones ribereñas (Maurice-Bourgoin *et al.*, 2000; Monroy *et al.*, 2008; Barberi *et al.*, 2009). El estudio pionero de Maurice-Bourgoin *et al.* (2000) describe la comparación de mercurio en 80 personas (mineros, indígenas y pobladores ribereños) de diferentes sectores de los Andes y de la parte amazónica del río Beni. Aunque el número de personas es reducido, la diferencia más importante que observa este estudio es que los indígenas del grupo étnico Esse Ejja presentan una concentración de mercurio mucho más alta (promedio de $9.81 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, min = 4.30 ; max = $19.52 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), que los mineros andinos no consumidores de pescado (promedio de $0.28 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, min = 0.02 ; max = $1.02 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).
- 34 El estudio de Monroy *et al.* (2008) se realizó sobre 556 personas (mujeres y niños) de 15 poblaciones de los grupos étnicos Tacana y Esse Ejja de 15 poblaciones localizadas río abajo de Rurrenabaque. Sobre el total de estas personas el promedio de mercurio es de $4.0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (con un intervalo de confianza de 3.6-4.4) y, el 14% de las personas tienen un valor superior al NOEL ($10 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) En su interpretación los autores recalcan que los grupos mas expuestos a mercurio son los que viven en lugares menos accesibles, comen pescado al menos una vez por día o realizan una actividad de pesca. La pertenencia a grupo étnico tiene su importancia: los Esse Ejja presentan mayores concentraciones que los Tacanas y, similar al trabajo de Maurice-Bourgoin *et al.* (2000), los valores para este grupo se acercan al NOEL con un promedio de $9.2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (min = 0.5 ; max = $34.2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

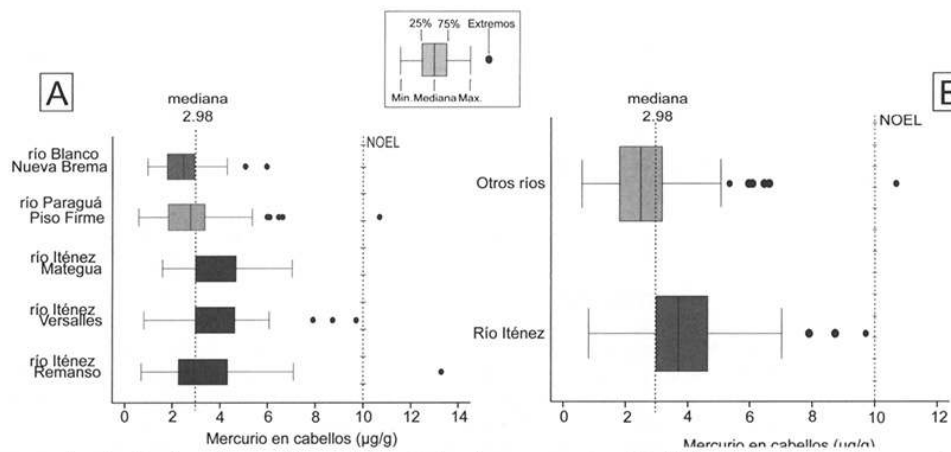


FIGURA 7. Boxplot de distribución estadística de los niveles de Hg por comunidad (A) y de los niveles de mercurio por ríos (B). En las dos graficas están indicadas la mediana de todos los individuos ($2.98 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) y el NOEL (No Observed Effect Level, concentración máxima por la cual no se pudo detectar alteraciones funcionales, físicas o fisiológicas de los organismos).

- 35 Barbieri (2006) realizó un estudio sobre 150 personas seleccionadas por azar en la población general de la localidad de Cachuela Esperanza. El promedio de la población fue de $3.02 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (min = 0.42 ; max = $15.65 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Aunque el consumo de pescado es predominante en la población, los autores explican este resultado por el consumo predominante de una especie omnívora (*Brycon* sp., *Yatorana*) que por su nivel trófico presenta menos mercurio que las especies piscívoras (Pouilly *et al.*, 2009). Aunque los resultados presentan valores medios que no sobrepasan el nivel de toxicidad reconocido internacionalmente ($10 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, valores OMS), la región Amazónica boliviana aparece sensible a este tipo de contaminación y más todavía la seguridad alimentaria del país, porque el pescado amazónico se comercializa cada vez más en todos los mercados de las grandes ciudades bolivianas. Los resultados obtenidos en la cuenca Iténez son coherentes con los otros estudios realizados en Bolivia. Como en otros casos dejan aparecer una tendencia de mayor sensibilidad de las poblaciones más aisladas.

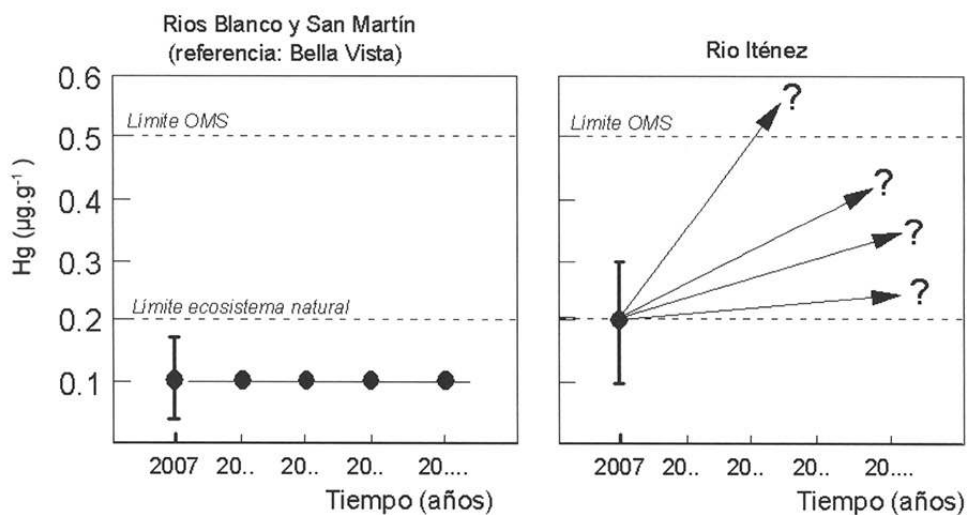


FIGURA 8. Diagrama que muestra de forma esquemática la proyección temporal de las concentraciones de mercurio en los ríos no impactados Blanco y San Martín (en Bella Vista) (A) y en el río Iténez, sujeto a contaminación ambiental (B). En la situación actual (2007), las concentraciones de mercurio en peces están dos veces más altas en el río Iténez que en los ríos no impactados, donde se puede suponer que las concentraciones de mercurio en los próximos años estarán estables; en el río Iténez la degradación ambiental genera una situación incierta. El límite de $0.2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ corresponde a las concentraciones máximas de mercurio observadas en sistemas no contaminados (Malm *et al.*, 1995). El límite de $0.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ corresponde al límite de toxicidad aceptado por el OMS (1990).

CONCLUSIONES

- 36 Las tres partes de este estudio (sedimento, peces, cabellos humanos) convergen en la conclusión que el río Iténez presenta una concentración de mercurio más alta que lo que se espera en condiciones naturales. Esa situación se puede probablemente relacionar al nivel de degradación general de la cuenca, afectada en múltiples lugares por actividades antrópicas que provocan erosión. Sin embargo, en la actualidad para ninguno de los compartimentos estudiados las concentraciones observadas se encuentran críticas y por encima de las normas vigentes. La situación es todavía buena pero recomendamos que se tomen precauciones en el futuro.
- 37 La situación en los ríos poco intervenidos San Martín y Blanco corresponde a un nivel “natural” de concentración de mercurio en el sistema y los organismos. Se puede

pensar que este nivel es más o menos estable en el tiempo y seguirá estable mientras la cuenca siga en un buen estado de conservación. Al contrario, en el río Iténez, debido a su situación de colector de subcuencas en las cuales la presión antrópica se está incrementando, es probable que los aportes de mercurio al sistema se encuentren en una fase ascendente y por lo tanto, es posible que la contaminación se acentúe en el futuro. Recomendamos que se intente determinar la velocidad de evolución de la contaminación. Esta preocupación necesita a su vez un monitoreo y una investigación avanzada que pueda dar elementos para la evaluación de los principales parámetros descritos anteriormente. Los resultados permitirán estimar cuales son los riesgos de alcanzar un nivel de concentración crítico y a cuanto plazo (Fig. 8), y así anticipar el impacto de la contaminación y tomar las decisiones necesarias en términos de salud pública.

AGRADECIMIENTOS

- 38 El estudio fue apoyado por WWF Bolivia mediante el convenio WWF-IRD KN10-3339, y por el IRD mediante el proyecto JEAI-EMAA. Agradecemos a todas las personas que apoyaron al desarrollo del proyecto en el campo y en los laboratorios, y en particular los comunarios de la zona de estudio, el equipo de WWF en Trinidad, Prefectura del Beni, PD-ANMI Iténez, ULRA/UMSS, LCA/UMSA. A Pilar Becerra por apoyo en la elaboración de las figuras.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS

- Alanoca L. 2001. Estudio de la contaminación por mercurio desechado por actividades auríferas en la cuenca del río Beni desde las cabeceras andinas hasta Rurrenabaque. Tesis de grado para optar el título de Licenciatura en Ciencias Químicas. UMSA. La Paz, Bolivia. 90 p.
- Barberi F. 2006. Exposición al mercurio en una población del bajo río Beni, temporada seca 2005. Tesis Maestría UMSA La Paz. 82 p.
- Barberi F.L., Cournil A. & Gardon J. 2009. Mercury exposure in a high fish eating Bolivian Amazonian population with intense smallscale gold-mining activities. *International Journal of Environmental Health*, 19: 267-277.
- Berglund M., Lind B., Bjornberg K.A., Palm B., Einarsson O. & Vahter M. 2005. Inter-individual variations of human mercury exposure biomarkers: a crosssectional assessment. *Environmental Health*, 4: 20.
- Bidone E.D., Castilhos Z.C., Santos T.J.S., Souza T.M.C. & Lacerda L.D. 1997. Fish contamination and human exposure to mercury in the Tartarugalzinho River, Amapa State, northern Amazon, Brazil. *Ascreening approach. Water, Air and Soil Pollution*. 97: 9-15.

- EPA/US Environmental Protection Agency. Methylmercury (MeHg) [CASRN 22967-92-6]. Washington (DC): Integrated Risk Information System. www.epa.gov/IRIS/subst/0073.htm
- Fréry N., Maury-Brachet R., Maillot E., Deheeger M., De Mérona B. & Boudou A. 2001. Gold-mining activities and mercury contamination of native Amerindian communities in French Guiana: Key role of fish in dietary uptake. *Environmental Health Perspectives*, 109 (5): 449-453.
- Gill G.A & Fitzgerald W.F. 1987. Mercury in surface waters of the open ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 1 (3): 199-212.
- Hacon S., Rochedo E.R.R., Campos R.R.R. & Lacerda L.D. 1997. Mercury exposure through fish consumption in the urban area of Alta Floresta in the Amazon Basin. *Journal of Geochemistry Exploration*, 58: 209-216.
- Hentschel T., Roque D. & Taucer E. 2000. Estudio monográfico sobre la explotación minera pequeña. Ejemplo de San Simón (Bolivia). Oficina Internacional del Trabajo. Ginebra. Documento de trabajo SAP 283/WP 142.
- Kehrig H.A., Malm O., Akagi H., Guimaraes J.R. & Torres J.P. 1998. Methylmercury in fish and hair samples from the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. *Environmental Research*, 77: 84-90.
- Malm O., Branches F.J.P., Akagi H., Castro M.B., Pfeiffer W.C., Harada M., Bastos W.R. & Kato H. 1995. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós River basin, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 175: 141-150.
- Maurice-Bourgoin L., Quiroga I., Chincheros J. & Coureau P. 2000. Mercury distribution in waters and fish of the upper Madeira rivers and mercury exposure in riparian Amazon populations. *The Science of the Total Environment*, 260: 73-86.
- Maurice-Bourgoin L. & Quiroga I. 2002. Total mercury distribution and importance of the biomagnification process in rivers of the Bolivian Amazon. En: McClain M.E. (Ed.) *The Ecohydrology of South American rivers and wetlands*. IAHS Special Publication 6: 49-67.
- Maurice-Bourgoin L., Alanoca L., Fraizy P. & Vauchel P. 2003. Sources of mercury in surface waters of the Upper Madeira erosive basins, Bolivia. *Journal de Physique IV (France)*, 107: 855-858
- Maurice-Bourgoin L., Aalto R., Rhéault I. & Guyot J.L.. 2004. Use of ²¹⁰Pb geochronology to explore the century-scale mercury contamination history and the importance of floodplain accumulation in andean tributaries of the Amazon River. IV South American Symposium on Isotope Geology. p. 449-451 (www.brasil.ird.fr/sympisotope/Papers/ST4/ST4-13-Maurice.pdf)
- Monroy L.A.X., López R.W., Roulet M. & Benefice E. 2008. Lifestyle and mercury contamination of amerindian populations along the Beni River (lowland Bolivia). *Journal of Environmental Health*, 71 (4): 44-50.
- OMS/WHO. 1990. Methylmercury. *Environmental Health Criteria 101*. Organización Mundial de la Salud, Geneva.
- Paco P., Barberi F., Duprey J.L., Gardon J. & Pouilly M. 2008. Exposición humana al mercurio en los Municipios de Baures y Magdalena, río Iténez 2007. En: Pouilly M., Pérez T., Ovando A., Guzmán F., Paco P., Duprey J.L., Chinchero J., Caranza B., Barberi F. & Gardon J. (Eds.) *Diagnóstico de la contaminación por el mercurio en la cuenca Iténez*. Informe IRD-WWF, La Paz, Bolivia 96 p.
- Padovani C.R., Forsberg B.R. & Pimentel T.P. 1993. Contaminação mercurial em peixes do rio Madeira: Resultados e Recomendações para consumo humano. Instituto nacional de pesquisas da Amazônia. Manaus. Pouilly M., Pérez T., Ovando A., Guzmán F., Paco P., Duprey J.L., Chinchero J., Caranza B., Barberi F. & Gardon J. *Diagnóstico de la contaminación por el mercurio en la cuenca Iténez*. Informe IRD-WWF, La Paz, Bolivia 96 p.

Pouilly M., Martínez J.M., Córdova L., Pérez T., Duprey J.L., Caranzas B., Ovando A., Guérin F. & Abril G. 2009. Dinámica de inundación, emisión de gas y tasa de mercurio en peces en el Norte Amazónico boliviano. Hacia una cuantificación de los impactos del proyecto hidroeléctrico del río Madera Informe IRD-WWF, La Paz, Bolivia 96 p.

Roulet M. 2001. Le mercure: son cycle biogéochimique et sa répartition aux échelles planétaire et amazonienne. En: Le mercure en Amazonie: Role de l'homme et de l'environnement, risques sanitaires. En: Carmouze, J.P., Lucotte M. & Boudou. IRD éditions. París. Francia, p. 81-120

RESÚMENES

La cuenca del río Iténez es afectada por actividades antrópicas que aumentan los riesgos de contaminación por mercurio, como son la minería aurífera y la deforestación. Este artículo presenta los resultados de un diagnóstico de los niveles de mercurio en sólidos suspendidos del agua, peces y pobladores ribereños. El estudio fue realizado en 2007 en el río Iténez, colector de aguas procedentes de diferentes áreas degradadas, y en dos ríos que drenan una cuenca poco intervenida (ríos San Martín y Blanco). Las tasas de mercurio contenido en los sólidos arrastrados por los ríos aparecen bastante homogéneas en los diferentes sectores estudiados, a excepción de los arroyos que drenan la mina aurífera de San Simón (que presentan hasta 40 veces más mercurio que los demás). Existe una relación directa entre la cantidad de mercurio particular transportada por el río y su carga de sólidos. Sin embargo, aunque naturalmente de aguas claras, los ríos que presentan un impacto (mina o deforestación) presentan un nivel de mercurio similar a los ríos de aguas blancas. Las concentraciones de mercurio en los peces del río Iténez son superiores a las encontradas en los peces de los ríos poco intervenidos. Las especies comerciales, en general carnívoras, presentan las tasas de mercurio más altas, sin embargo pocos individuos sobrepasan el límite aceptable para el consumo humano propuesto por la OMS ($0.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Los niveles de mercurio en los pobladores ribereños se encuentran también por debajo de los límites de riesgo para la salud con un promedio de $2.98 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de cabello. Sin embargo, los niveles de mercurio encontrados en las comunidades situadas en la proximidad del río Iténez son mayores con relación a las comunidades de las zonas de referencia. En conclusión, se destaca que el río Iténez presenta concentraciones de mercurio en aguas, peces y poblaciones ribereñas más altas que lo que se espera en condiciones naturales, las cuales sin embargo aún no son críticas. La determinación de la velocidad de evolución de esa contaminación es recomendable para poder estimar cuáles son los riesgos de alcanzar un nivel de concentración crítico y el tiempo en que se llegaría a ella.

A bacia do rio Iténez* é afetada pelas atividades humanas que aumentam o risco de contaminação por mercurio, como o garimpo e o desmatamento. Este artigo apresenta os resultados de uma avaliação diagnóstica dos níveis de mercurio nos sedimentos da água, peixes e moradores ribeirinhos. O estudo foi realizado em 2007 no rio Iténez, coletou-se água de diferentes áreas degradadas, e de dois rios situados em uma bacia pouco interferida (ríos San Martín e Blanco). As taxas de mercurio contidas nos sedimentos transportados pelos rios são bastante uniformes nos diferentes setores estudados, com exceção para os córregos que drenam a mina de ouro de San Simon (que têm até 40 vezes mais mercurio do que os outros pontos). Existe uma relação direta entre a quantidade de mercurio particulado transportadas pelo rio e sua carga de sedimentos. No entanto, embora naturalmente rios de águas claras que têm um impacto (mineração ou desmatamento) possuam um nível similar de mercurio aos rios de água branca. As concentrações de mercurio nos peixes do rio Iténez são mais elevadas do que aqueles encontrados em peixes de rios pouco explorados. As espécies comerciais, em geral carnívoras, apresentam as maiores taxas de mercurio, mas alguns indivíduos excedem o limite aceitável para consumo humano proposto

pela OMS ($0,5 \mu\text{g.g}^{-1}$). Os níveis de mercurio em moradores ribeirinhos também são inferiores aos limites de risco para a saúde, com urna média de $2,98 \mu\text{g.g}^{-1}$ de cabelo. No entanto, os níveis encontrados nas comunidades localizadas junto ao rio Iténez têm altas concentrações de mercurio em relação às comunidades nas áreas em questão. Em conclusão, destaca-se que o rio Iténez apresenta concentrações de mercurio na água, peixes e populações ribeirinhas mais elevadas do que o esperado em condições naturais. No entanto, atualmente, as concentrações encontradas nos compartimentos estudados não são críticas. A determinação da velocidade da evolução dessa contaminação é aconselhável para poder estimar quais serão os riscos de atingir um nível crítico de concentração a curto e prazo.

* Iténez é denominado rio Guaporé no Brasil.

The Iténez* basin is impacted by anthropogenic activities which are known to increase mercury contamination risk, such as gold mining and deforestation. This paper presents results of a diagnostic study about mercury levels in river sediments, fish and humans. The study was conducted in 2007 in the Iténez main river that drains waters from degraded areas, and in two other rivers (San Martín and Blanco), draining waters from lowly impacted regions. Mercury level in water sediments appeared similar in all the studied sectors, except in some streams situated near San Simón gold mine that presented until 40 times more mercury than the other rivers. A positive relationship existed between water mercury level and particular sediment fraction of the water. However, although they naturally presented clear waters, rivers impacted by deforestation or gold mining contained similar mercury level than white waters (with high sediment load). Fish mercury concentrations were higher in the Iténez river (impacted area) than in the two lowly impacted ones. Commercial fish species, generally carnivores, showed the highest mercury level, however only few fishes presented higher concentrations than the WHO sanitary level ($0,5 \mu\text{g.g}^{-1}$). Hair mercury concentrations in riverside human communities, with an average of $2,98 \mu\text{g.g}^{-1}$, were also below the accepted health risk level. In spite of this, mercury levels were higher in humans living on the Iténez riverside than in the other communities. Water sediment, fish and human mercury concentrations were higher in the Iténez river, which is impacted by anthropogenic activities, than in natural, lowly impacted, rivers in the same region. Nevertheless, no critical levels were recorded. A follow-up of the evolution of mercury contamination is recommended in order to estimate the risk of reaching critical levels.

* The Iténez river is known as Guaporé river in Brasil.

AUTORES

MARC POUILLY

IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo), Parls-Francia. pouilly@ird.fr

TAMARA PÉREZ

IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo), Parls-Francia. pouilly@ird.fr

Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos (ULRA), Universidad Mayor de San Simón (U.M.S.S.), Cochabamba, Bolivia.

FABIOLA GUZMÁN

IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo), Parls-Francia. pouilly@ird.fr

PAMELA PACO

IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo), Parls-Francia. pouilly@ird.fr

JEAN-LOUIS DUPREY

IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo), Paris-Francia. pouilly@ird.fr

JACQUES GARDON

IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo), Paris-Francia. pouilly@ird.fr