

INTRODUCCION

Tamara Pérez, Marc Pouilly & Alex Ovando

I- La problemática del mercurio en la Amazonía

Los suelos de la cuenca Amazónica presentan altas concentraciones de mercurio de forma natural (Roulet 2001). La estabilidad de los suelos debido a la cobertura vegetal impide el movimiento de este metal, pero cuando se produce un fenómeno de erosión, como por ejemplo por deforestación agrícola o resultando de la minería, el mercurio se torna disponible en el medio ambiente (Farella 2006), penetrando en los ecosistemas acuáticos gracias a los ciclos de inundación estacional de los ríos (Roulet 2001, Guimarães *et al.* 2000). Las llanuras de inundación y lagunas adyacentes son favorables a la metilación del mercurio (metilmercurio) que es una sustancia mas toxica que el mercurio por ser mas biodisponible (Roulet *et al.* 2000).

La acumulación de mercurio en los organismos depende de 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 de mercurio o metilmercurio de un nivel de la cadena trófica inferior a otro superior. La tasa de mercurio depende del régimen alimenticio: un predador de un alto nivel trófico presenta mayor concentración de mercurio (Deza 1997). Estos dos factores combinados incrementan el riesgo de presentar cuadros tóxicos por mercurio (Lacerda *et al.* 1994, Deza 1997, Barbosa *et al.* 2003, da Silva *et al.* 2005, entre otros). En un medio contaminado, el ser humano se encuentra expuesto al mercurio de forma directa (aire, agua) e indirecta (alimento), por lo que el proceso de biomagnificación alcanza sus niveles máximos ya que por sus hábitos alimenticios el ser humano ocupa el último nivel trófico.

En la Amazonia se han reportado varios casos de intoxicación humana. Los mayores niveles de intoxicación se encuentran en el Brasil (Malm *et al.* 1995, Bidone *et al.* 1997). La población que se encuentra en mayor riesgo son los hombres (Malm *et al.* 1995, Fréry *et al.* 2001), pescadores (Hacon *et al.* 1997) y niños (Maurice-Bourgoin *et al.* 2000). En Bolivia la zona donde se ha evaluado este tipo de riesgo son las cuencas del río Madre de Dios (Maurice-Bourgoin & Quiroga 2002) y del río Beni (Alanoca 2001, Barberi 2006). Los riesgos de intoxicación humana por mercurio en la zona amazónica boliviana es alta debido a su alta concentración en los suelos, incrementando su

disponibilidad cuando se encuentran carentes de cobertura vegetal o afectada por actividades humanas que incrementan la erosión. La minería del oro, que utiliza mercurio para la amalgamación de este metal (Hentschel 2000), es otro factor que afecta los aportes de mercurio en los ecosistemas y por ende en las cadenas tróficas de la región.

II- Presentación del estudio

La cuenca del Iténez, compartida entre Bolivia y Brasil, se encuentra afectada por dos realidades diferentes. La parte brasileña esta 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, Hentshel *et al.* 2000).

A raíz de esta situación los pobladores ribereños, particularmente de la región de Remanso, situada a poca distancia de la mina de San Simón, expresaron su preocupación. Ello derivó en el diseño del presente estudio con el objetivo de realizar un trabajo de investigación para determinar los niveles de mercurio en las aguas y sedimentos del río Iténez, así como su impacto sobre la contaminación de los organismos acuáticos y de las poblaciones humanas en la parte baja del río Iténez.

La problemática de la contaminación por el mercurio se resume en tres niveles críticos: 1) la tasa de aporte de mercurio en los sistemas acuáticos, 2) la tasa de transformación de este mercurio en el metil-mercurio (forma orgánica y tóxica) por los procesos de metilación y 3) la tasa de transferencia del mercurio a través de la cadena trófica; por lo tanto se buscó contestar las siguientes cuatro preguntas:

¿Hay o no una tasa elevada de mercurio (Hg) en las aguas y en el sedimento de la cuenca del Iténez?

¿El mercurio procede en mayor medida de las actividades mineras o de otras fuentes como la deforestación?

¿Se puede o no identificar zonas más favorable a los procesos de sedimentación del mercurio?

¿Hay o no contaminación de la cadena trófica y de las poblaciones ribereñas por el mercurio?

En relación a estas preguntas se desarrollaron cuatro estudios, representados en este informe cada uno por un acápite específico, con los siguientes objetivos:

1- Mapeo de las zonas degradadas y de las zonas potenciales de deposición del mercurio. Estimación por teledetección de los niveles de deforestación, de las zonas de inundación y de las zonas potencialmente más favorables al proceso de sedimentación en la cuenca del río Iténez;

2- Geoquímica. Determinación de las tasas de mercurio en los diferentes compartimentos de los sistemas acuáticos (río, laguna);

3 - Contaminación de la cadena trófica acuática. Evaluación de los niveles de bioacumulación y biomagnificación del mercurio en peces de lagunas de diferentes niveles tróficos (desde detritívoros hasta piscívoros).

4- Exposición de las poblaciones ribereñas. Evaluación de las concentraciones en mercurio de los cabellos de pobladores seleccionados en pueblos cercanos a los ríos de estudio (Piso Firme, Remanso, Cafetal, Mategua, Versalles, Nueva Brema y Bella Vista).

III- Área de estudio y diseño experimental general

El río Iténez, conocido como Guaporé en Brasil, forma parte del sistema de subcuencas del río Amazonas. Ubicado al extremo Este de Bolivia, se constituyó 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 266460 km² (186460 km² en territorio boliviano, departamentos de Beni y Santa Cruz, y 80000 km² en territorio brasilero) (Cruz 1987). Las subcuencas más importantes que conforman la cuenca del río Itenez son (Figura 1): Itonama-Machupo, Paragua, Blanco, Corumbiara - Pimenteiras, San Simón, Alto y Bajo Guaporé, Paragua y San Martín. Morfológicamente la cuenca Iténez se caracteriza por una planicie de origen fluvio-lacustre y serranías formadas por afloramientos de roca basáltica que se traduce en un rango de altitud entre los 2500 msnm en partes mas altas de la cuenca a 114 msnm en la confluencia con el río Mamoré. El río se caracteriza por presentar bahías y lagunas, fruto del cambio del curso del río, que en muchos casos se mantienen conectadas al cauce principal al menos en época de aguas altas. El régimen climático en la zona es de tipo tropical, determinado por una estación húmeda alternada por una época seca de menor duración. La temperatura media anual es de 25 °C y un promedio de precipitación entre 1000 y 1600 mm (Montes de Oca 2005).

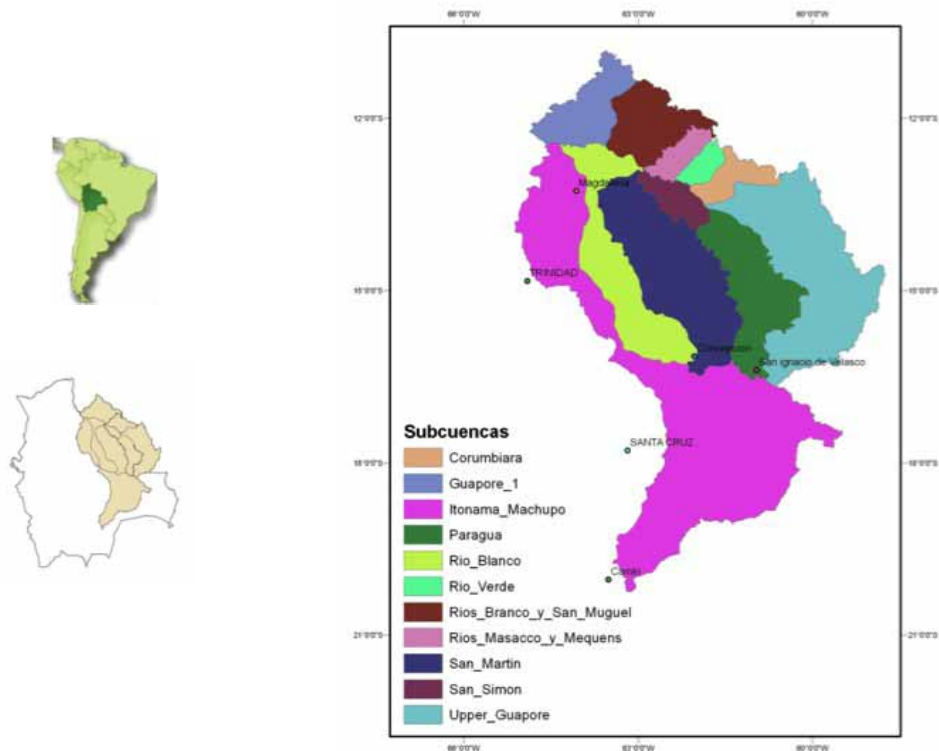


Figura 1- Ubicación geográfica de la cuenca Iténez/Guaporé y caracterización de sus principales subcuencas.

En esta cuenca existe un sector en territorio boliviano que presenta bajo impacto antropogénico. Ubicada en inmediaciones de la población de Bella Vista, esta zona está conformada por dos ríos que difieren entre sí en la calidad de sus aguas:

- Río Blanco (aguas blancas), es uno de los principales afluentes del río Iténez. Tiene una extensión de 850 km. Sus aguas presentan un elevado contenido de nutrientes y de sedimentos.
- Río San Martín (aguas claras/negras), un afluente del río Blanco. Sus aguas recorren 678 km. Presentan un contenido de nutrientes intermedio y una baja tasa de sedimento. Este río se caracteriza por presentar varias bahías y lagunas que son de origen fluvial y/o tectónico, cuya conexión al cause principal es al menos estacional (Van Damme & Carvajal 2005).

El estudio de teledecepción (parte I) abarcó toda la cuenca o una parte de las subcuencas Paragua, Corumbiara y Alto Guaporé para la implementación del modelo de arrastre. Los estudios geoquímicos (parte II) y bioquímicos (parte III) han utilizado un diseño experimental similar 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, muy poco intervenida y donde se encuentran dos ríos con diferentes características de aguas (aguas blancas en el río Blanco y aguas negras/claras en el río San Martín). El estudio de exposición humana (parte IV) consideró, cinco comunidades ribereñas del río Iténez (Remanso, Mategua y Versalles), del río Paragua (Piso Firme) y del río Blanco (Bella Vista y Nueva Brema).

Para los estudios geo- y bioquímicos, 27 sitios en ríos o lagunas agrupados en 3 sectores fueron muestreados (Figura 2) :

A- Entrada al sistema

Km 660¹ : Río Iténez arriba de la mina San Simón : 2 lagunas, 1 río

B- Gradiente longitudinal del río Iténez

Km 520 : Río Iténez en Puerto Rubio : 1 laguna, 1 río

Km 450 : Río Iténez en Mategúa : 2 lagunas, 1 río

Km 320 : Río Iténez en Versailles : 2 lagunas, 1 río

Km 210 : Río Iténez arriba de Buena Vista : 1 río

Km 100 : Río Iténez arriba de Vuelta Grande : 2 lagunas, 1 río

C- Puntos potencialmente impactados (actividad minera o deforestación)

Km 650, 630, 520 : Drenaje de la mina San Simón : 3 ríos

Km 590, 550, 285 : Afluentes brasileros : 3 ríos

D- Puntos de referencia afuera del sistema Iténez (área de Bella Vista)

Río con alta carga de sedimento (río Blanco) : 2 lagunas, 1 río

Río con poca carga de sedimento (río San Martín) : 2 lagunas, 1 río

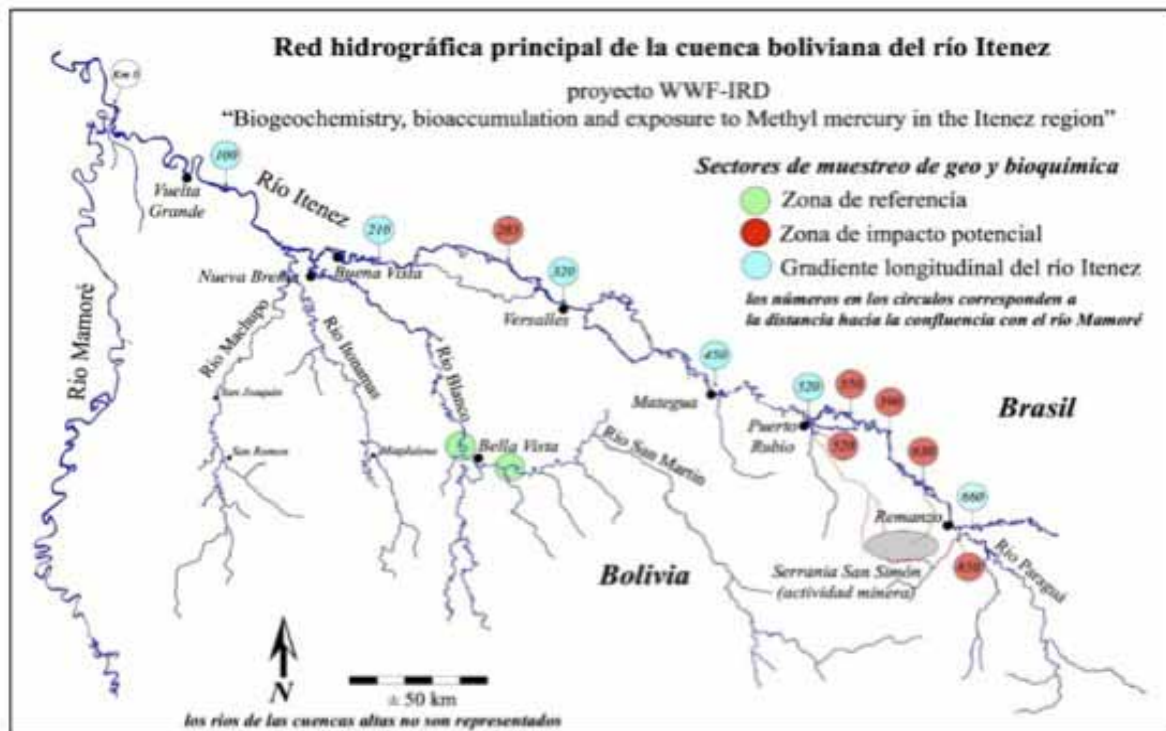


Figura 2- Red hidrográfica principal de la parte boliviana de la cuenca Iténez y sectores de muestreo de bioquímica y geoquímica utilizado en el marco de este proyecto.

1- los km indicados corresponden a la distancia aproximada a la confluencia al Mamoré, siguiendo el lecho principal del río Iténez.

IV- Bibliografía

- Barberi F. 2006. Exposición al mercurio en una población del Bajo río Beni, temporada seca 2005. Tesis Maestría en salud pública. UMSA La Paz, Bolivia, 82p.
- Barbosa A.C., De Souza J., Dórea J.G., Jardim W.F. & Fadini P.S. 2003. Mercury biomagnification in tropical black water, Rio Negro, Brazil. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 45: 235-246
- Da Silva D.S., Lucotte M., Roulet M., Poirier H., Mergler D., Santos E.O. & Crossa M. 2005. Trophic structure and bioaccumulation of fish of there natural lakes of the Brazilian Amazon. *Water, Air, and Soil Pollution*. 165: 77-94
- 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. A screening approach. *Water, Air and Soil Pollution*. 97: 9-15
- Deza N.E.A. 1997. Mercury accumulation in fish from Madre de Dios, a gold mining area in Amazon basin, Peru. Thesis for master of science. Oregon State University. pp: 34
- Farella N., Lucotte M., Davidson R. y Daigle S. 2006. Mercury release from deforested soils triggered by base cations enrichment. *The Science of the Total Environment* 368: 19-29
- 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
- Guimaraes J-R.D., Roulet M., Lucotte M. & Mergler D. 2000. Mercury methylation along a lake-forest transect in the Tapajós river floodplain, Brazilian Amazon: seasonal and vertical variations. *The Science of The Total Environment* 261: 91-98
- 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
- Hacon S., Yokoo E., Valente J., Campos R.C., da Silva V.A., de Menezes A.C.C., de Moraes L.P. & Ignotti E. 2000. Exposure to mercury in pregnant women from Alta Floresta – Amazon basin, Brazil. *Environmental Research Section A*. 84: 204-210
- Hentschel T., Roque D. & Taucer E. 2000. Estudio monográfico sobre la explotación minera pequeña. Ejemplo de San Simón (Bolivia). Documento de trabajo SAP 283/WP 142. Oficina Internacional del Trabajo (OIT), Ginebra. Disponible en línea : <http://www.ilo.org/public/spanish/>
- Lacerda L.D., Bidone E.D., Guimarães A.F. & Pfeiffer W.C. 1994. Mercury concentration in fish from the Itacaiúnas-Parauapebas River system, Carajás region, Amazon. *An. Acad. Bras.* 66 (3): 373-379
- Malm O., Branches F.J.P., Akagi H., Castro M.B., Pfeiffer W.C., Harada M., Bastos W.R. & Kato H. 1995. Mercury and metilmercury in fish and human hair from the Tapajós River basin, Brazil. *The Science of the Total Environmental* 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 Enviroment*. 260: 73-86
- Maurice-Bourgoin L. & Quiroga I. 2002. Total mercury distribution and importance of the biomagnification process in rivers of the Bolivian Amazon. *The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands*. 6: 49-67
- Montes de Oca I. 1997. Geografía de los recursos naturales de Bolivia. EDOBOL Edición, La Paz, Bolivia. pp. 216-217

- Montes de Oca I. 2005. Enciclopedia geográfica de Bolivia. Atenea Edición, La Paz. Bolivia. pp. 421
- Padovani C.R., Forsberg B.R. & Pimentel T.P. 1993. Contaminacao mercurial em peixes do rio Madeira: Resultados e Recomendacoes para cosumo humano. Instituto nacional de pesquisas da Amazonía. Manaus.
- Roulet M. 2001. Le mercure: son cycle biogéochimique et sa répartition aux échelles planétaire et amazonienne. In: Le mercure en Amazonie: Rôle de l'home et de environnement, risques sanitaires. Ed: Carmouze, J.P.; M. Lucotte y A. Boudou. IRD éditions. Paris. Francia. pp. 81-120
- Van Damme P.A. & Carvajal F. 2005. Recursos pesqueros y pesca en los ríos Blanco y San Martín, cuenca del río Iténez, Beni, Bolivia. Faunagua, Cochabamba, Bolivia pp. 45