

PARTE IV

Exposición humana al mercurio en los Municipios de Baures y Magdalena, río Itenez 2007.

Pamela Paco, Flavia Barbieri, Jean Louis Duprey Jacques Gardon & Marc Pouilly

IV.1- Introducción

El mercurio, un agente contaminador mundial transportado por aire y agua a través del planeta, plantea un reto a la salud mundial. Por un lado el mercurio es reconocido como uno de los más peligrosos contaminantes del ambiente. Por otro lado el pescado es a la vez un alimento muy nutritivo y uno de los principales vehículos para la transmisión del mercurio a los humanos en su forma orgánica, el metilmercurio (Fillion *et al.* 2007). Estudios recientes parecen indicar que el mercurio tal vez carezca de umbral por debajo del cual no se producen efectos adversos (OMS 2005).

Alrededor de 2000 toneladas de Mercurio (Hg) se han utilizado para la amalgamación del oro en las mineras auríferas del Amazonas desde hace 20 años. La mayor parte de este mercurio se deposita en los sistemas acuáticos por vías atmosféricas o acuáticas. Estos han sido sujeto de oxidación y metilación bajo condiciones favorables encontradas en el agua y sedimento de los ríos de la región y como resultado, las poblaciones que viven a orillas de estos ríos han sido contaminadas con mercurio a través del consumo de pescado (Barbosa *et al.* 1997).

Bolivia es un país tradicionalmente minero. Desde la época de los Incas la minería siempre ha sido una de las principales actividades económicas del país. La serranía de San Simón, zona minera aurífera, se encuentra en la parte oriental de Bolivia, al sureste del departamento del Beni (provincia Iténez). Esta serranía es explotada por ingenios y mineros independientes desde 1742. Las actividades mineras de exploración y extracción por los concesionarios y la Sociedad Minera de San Simón se llevan a cabo sin ninguna licencia ambiental (Hentschel *et al.* 2000). La contaminación por mercurio es provocada por alrededor de 500 pequeños mineros que emiten aproximadamente 15 toneladas de mercurio por año. Los desechos mercuriales son vertidas en lechos de los arroyos que desembocan en el río Iténez y por consiguiente a las comunidades aledañas de los municipios de Baures y Magdalena, que se alimentan principalmente de los peces del río Iténez y consumen su agua, motivos suficientes para pensar que existe una exposición al mercurio.

Existen solamente cuatro estudios realizados en Bolivia, para la determinación de niveles de exposición de mercurio en personas, dichos estudios se realizaron en el Amazonas, en aguas de los ríos Beni y Madera (Barberi 2006). Los resultados de estos estudios difieren en forma significativa, pese a que las poblaciones de estudio compartían características similares de explotación de oro aluvial y consumo de pescado. Mientras que en la cuenca alta y baja del río Beni se encontraron niveles de exposición por encima del estándar, en la cuenca baja (cerca de la frontera con el Brasil), los valores se mantuvieron por debajo de los límites recomendados (Barberi 2006). Este hecho ha generado una reciente preocupación por parte de diferentes organizaciones en conocer con certeza si las grandes emisiones de mercurio desechadas por las empresas mineras, provocan daños en el ambiente y la salud de las personas.

Considerando la capacidad de las plantas en San Simón se ha visto importante determinar si existe una exposición importante de mercurio en las comunidades ribereñas del río Iténez, a fin de tomar decisiones importantes para el normal desarrollo de las comunidades afectadas. El objetivo de este estudio es de realizar una estimación preliminar de los niveles de mercurio en los cabellos de los pobladores de cinco comunidades cercanas al río Iténez, a la mina San Simón y a media de comparación en comunidades cercanas a afluentes menos intervenidos que el río Iténez (ver introducción pagina 1).

IV.2- El mercurio

IV.2.1- Propiedades

El mercurio es un metal que se genera de manera natural en el medio ambiente y presenta una gran variedad de formas. En su forma pura, se le conoce como mercurio metálico o elemental (Hg^0). Es un metal blanco plateado brillante, que se utiliza por ejemplo en termómetros y en interruptores eléctricos. A temperatura ambiente, y si no está encapsulado, el mercurio metálico se evapora parcialmente, formando vapores de mercurio incoloros e inodoros.

El mercurio puede enlazarse con otros compuestos, como mercurio monovalente o divalente (Hg (I) y Hg (II) o Hg^{2+} , respectivamente). A partir del Hg^{2+} , se pueden formar muchos compuestos orgánicos e inorgánicos. Algunos de estos compuestos inorgánicos, como el cloruro de mercurio (HgCl_2) son lo bastante volátiles para existir como gas atmosférico. La solubilidad en agua y reactividad química de estos gases inorgánicos de mercurio hacen que su deposición de la atmósfera sea mucho más rápida que la del mercurio metálico. Esto significa que la vida atmosférica de los gases de mercurio divalentes es mucho más corta que la del gas de mercurio metálico. Cuando el mercurio se combina con carbono, se forman compuestos orgánico, siendo el metilmercurio, el más conocido de todos.

IV.2.2- Exposición Ocupacional al Mercurio

Las primeras descripciones del efecto tóxico del sulfuro de mercurio, que se utilizaba como pigmento rojo para la ilustración de textos, datan de la Edad Media. Los sombrereros, desde el siglo XVI hasta principios del siglo XX, sufrieron la toxicidad del nitrato de mercurio, que se empleaba para la fabricación del terciopelo a partir de pelo de conejo que dio lugar al llamado eretismo mercurial.

Actualmente el mercurio se emplea con profusión en la industria y la agricultura, conociéndose al menos 70 tipos de trabajos que conllevan exposición a dicho metal. Existen fuentes de contaminación que suponen un factor de riesgo para los trabajadores: la exposición de los obreros en las fábricas de sodio y cloro, o en la fabricación de termómetros, barómetros, termostatos, trompas de vacío, tubos fluorescentes, lámparas de mercurio y baterías secas de larga duración; en la industria de pinturas (pigmento rojo), catalizadores, síntesis del ácido acético o en las de detonantes de cartuchos, donde se utiliza fulminato de Hg muy absorbible.

En el medio industrial es rara la aparición de intoxicaciones agudas y subagudas por mercurio, es más frecuente la intoxicación crónica (hidrargirismo o mercurialismo). La manera insidiosa en que se manifiesta la intoxicación crónica, y la pobre sintomatología en periodos iniciales dan como resultado lesiones irreversibles de pobre respuesta a los tratamientos aplicados hasta la fecha. La exposición más común al mercurio en el trabajo es por inhalación de vapores de mercurio (OMS 2005) como en el caso de los garimperos que utilizan técnicas artesanales de amalgamación para se extraer el oro.

Para el mercurio líquido, la inhalación es la vía de exposición que plantea el mayor riesgo para la salud (OMS 2005). Los derrames de mercurio, que por más mínimos que sean (rotura de termómetros por ejemplo), pueden contaminar el aire de espacios cerrados por encima de los límites recomendados y tener consecuencias graves para la salud.

En cada empresa o puesto de trabajo se debe tomar en cuenta que la “Prevención Global e Integrada” enmarca el clásico binomio puesto de trabajo-trabajador en un entorno más amplio, que incluye: el área de actividad (mina, planta metalúrgica, fábrica, etc.), la empresa en su totalidad y el entorno socioeconómico y geográfico donde se halla ubicada la compañía, éste para un mejor cuidado de la salud de los trabajadores y por ende un mejor desempeño (Canno 2001).

IV.2.3- Fuentes y ciclo del mercurio

El mercurio terrestre tiene un origen magmático, que emana como producto de desgasificación a lo largo de fallas profundas. De este modo, el mercurio inicia su ciclo geoquímico pasando a la corteza terrestre y de ésta al aire, al agua y suelos, para pasar posteriormente a las plantas y a los animales y, por último, al hombre. Es así que la humanidad vive en un entorno que siempre ha contenido mercurio.

Las fuentes naturales de mercurio aportan al ciclo global del mercurio unas 50.000 toneladas de metal por año. Sin embargo actualmente los dos tercios de mercurio emitido hacia la atmósfera son de origen antropogénico y los depósitos atmosféricos de mercurios han triplicado en los últimos 150 años. Las fuentes antropogénicas se pueden considerar en dos grupos:

- las fuentes constituidas por la producción de mercurio procedente de las explotaciones mineras y las reservas de algunos países, la combustión de carbones, los vertidos industriales y por las alcantarillas;
- las fuentes secundarias que engloban el mercurio procedente del desmantelamiento de plantas cloro cáustico, recuperación de residuos diversos y la metalurgia de otros metales. Se debe citar dentro de éstas, la utilización del mercurio como fungicida, herbicida y conservante de semillas en agricultura; las papeleras, la industria electroquímica, su uso en pinturas y pilas, la industria de los catalizadores.

El mercurio puede entrar al ciclo del agua por el ciclo atmosférico (combustión de carbones en la atmósfera por ejemplo) que se finaliza por una deposición en los suelos o directamente en el agua. También puede entrar directamente, mediante el vertido de residuos industriales o domésticos (alcantarillado) a los ríos y mares. Por último, debido al uso agrícola del mercurio y a su presencia natural, está presente como contaminante del suelo. En el agua el mercurio divalente (Hg^{2+}) puede ser bioacumulado directamente por los peces o bien seguir un proceso de biotransformación, realizado por microorganismos acuáticos, dando lugar a dos especies orgánicas: el dimetilmercurio volátil, que se recicla a la atmósfera, y el metilmercurio, que se bioacumula en los organismos, y por tanto es incorporado a las cadenas tróficas (Lebel 1997, Barbosa *et al.* 1997, Soares de Campos *et al.* 2002, entre otros) a lo largo de las cuales se biomagnifica (ver parte III).

IV.2.4- Absorción y excreción

Las vías de entrada del mercurio al organismo humano son:

a) *Vía Respiratoria* (absorción por inhalación). No es frecuente la absorción de los metales en estado de gas o vapor excepto para el caso del mercurio, siendo probablemente el único caso en que la exposición a este metal en su forma elemental es de importancia en la práctica (Canno 2001). En toxicología ocupacional esta es la vía más importante (OMS 2005).

b) *Vía Digestiva*. El mercurio se absorbe muy poco en el tracto gastrointestinal, probablemente en cantidades inferiores al 0,01%. La absorción por esta vía de los compuestos inorgánicos de mercurio (insolubles) es del 7% con valores comprendidos entre el 2% y el 15% dependiendo de la solubilidad del compuesto ingerido. En Salud Pública, esta vía de absorción es la que tiene mayor importancia, ya que el aporte de mercurio (metilmercurio) a la población no expuesta por su tipo de ocupación procede de los alimentos, específicamente del pescado (Olivero *et al.* 2002; Tavares *et al.* 2005).

c) *Vía Cutánea.* Es muy probable que el mercurio elemental pueda atravesar la piel, pero no se dispone en la actualidad de cifras cuantitativas. Es dudoso, sin embargo, que esta vía de absorción juegue un papel importante en comparación con otras. Es también muy probable que el metilmercurio penetre por la piel, se han descrito casos de intoxicación debida a la aplicación local de pomadas conteniendo metilmercurio. No se puede estimar con los trabajos actuales hasta qué punto hay absorción (Canno 2001).

La mayor parte de metilmercurio se excreta por orina, heces y bilis, donde el metilmercurio es eliminado casi en un 90 % en mercurio inorgánico. Diariamente, el 1% del metilmercurio es eliminado por una de estas vías. Su tiempo de eliminación es de aproximadamente 80 días, aunque existen estudios donde se demuestra que su tiempo de eliminación es mucho menor.

IV.2.5- Efectos en la salud

El metilmercurio puede causar principalmente neuroencefalopatía tóxica (parestias, ataxia, espasticidad, temblor intencional, alteraciones del estado mental, defectos de aprendizaje, síntomas neurasténicos, incluyendo una severa forma congénita como consecuencia de exposición prenatal (Dolbec *et al.* 2000, Pinheiro *et al.* 2006). La exposición al metilmercurio se manifiesta con disartria, ataxia y constricción del campo visual. El envenenamiento por mercurio orgánico puede simular la esclerosis lateral amiotrófica e incluso debutar con ella.

El primer síntoma suele ser una serie de parestias en los dedos de la mano y en la zona peribucal. Posteriormente, aparecen trastornos en la visión y sintomatología neurológica (disartria, ataxia cerebelosa con alteración de la palabra y la escritura). En casos graves, puede producir confusión mental, coma y la muerte. Todas las lesiones citadas son irreversibles (Pinheiro *et al.* 2006). Las principales manifestaciones de salud son:

a) Embriopatía por metilmercurio. Se caracteriza por un conjunto de síntomas que pueden observarse en el feto o en el recién nacido, cuando la madre se ha expuesto a cantidades elevadas de metilmercurio durante su embarazo. Puesto que la exposición materna a metilmercurio se da sobre todo a través de consumo de pescado, se recomienda que las mujeres en edad de maternidad no deban consumir más de 350g de pescado a la semana en zonas contaminadas. Se recomienda que mujeres embarazadas no deban estar expuestas en el trabajo a concentraciones en aire de vapor del mercurio mayores de 0,01 mg por metro cúbico, y a compuestos inorgánicos y fenilmercúricos mayores de 0,02 mg por metro cúbico, o a ninguna concentración detectable de metilmercurio. Las anomalías que pueden presentar los niños expuestos *in útero* al metilmercurio son; retraso psicomotor y parálisis cerebral además de otras anomalías.

b) Alteraciones cardiovasculares. Existen varios estudios en los que se ha mencionado que, a mayor ingesta de pescado contaminado con metilmercurio, existe un mayor riesgo de que ese paciente presente infarto de miocardio o patologías vasculares de otro tipo. Sin embargo, todos estos estudios

sustentaron que esta probabilidad de enfermedades cardiovasculares es manifestada en paciente expuestos al metilmercurio desde su gestación “in utero” (Guallar *et al.* 2002). Recientes estudios realizados en personas que consumen gran cantidad de pescado en zonas contaminadas y otras personas que están expuestas en el trabajo, no mostraron ninguna relación entre las enfermedades cardiovasculares y los niveles de mercurio que presentaban. Como conclusión, comentan que a pesar de que la ingesta de pescado y la cantidad de mercurio eran significativas, las patologías cardiovasculares que presentaron algunos pacientes se debían al estilo de vida y no así al mercurio. Sin embargo aún existe el debate sobre los beneficios del pescado como nutriente y cardioprotector, versus pescado con metilmercurio como desencadenante de patologías cardiovasculares

c) Alteraciones del Sistema Nervioso. Como se citó anteriormente las alteraciones del sistema nervioso se pueden observar en niños y adultos, pero el riesgo es importante en los niños y su desarrollo. Estudios realizados en zonas contaminadas se encontraron grupos de niños previamente expuestos al metilmercurio, con déficit de la motricidad (de acuerdo al nivel de mercurio), y deficiente desenvolvimiento escolar. Este tipo de patologías es mayor en la exposición prenatal, pues la exposición al metilmercurio puede causar daños irreversibles al sistema nervioso central, manifestándose como retraso mental, parálisis cerebral ceguera, sordera y otros. También se evaluaron actos del cotidiano vivir (vestirse, comer) donde se demostró que el déficit se incrementaba con el tiempo, en otras palabras la exposición al metilmercurio acelera en proceso de envejecimiento relativo en personas jóvenes.

d) Carcinogenicidad. Existen estudios que identificaron la relación entre metilmercurio y cáncer, donde se considera que los compuestos de éste son carcinógenos. La ingestión de alimentos contaminados con metilmercurio han reportado aberraciones cromosomales en los humanos de todas maneras la interpretación de estos estudios es limitada. WHO (1999), reporto al metilmercurio como mutágeno poco potente, pero capaz de causar daños al núcleo y cromosomas en varios sistemas.

IV.2.6- Biomarcadores

Dos de los biomarcadores más estudiados para la exposición al metilmercurio son los cabellos, la sangre y la orina.

a) Niveles de mercurio en sangre. Los niveles de mercurio en sangre son la mejor forma de medir la absorción del vapor del mercurio elemental y del mercurio inorgánico precozmente. La medición de la concentración de mercurio en sangre es el método elegido para la evaluación del mercurialismo. Los niveles normales no sobrepasan 0.1-0.3 µg/dL; las concentraciones de 22µg/dL se asocian con la muerte. La evidencia de irregularidad neurológica generalmente no aparece hasta que las concentraciones de mercurio en sangre sobrepasan las 100 ppb (partes por billón), se sugiere 7.5 ppb como límite superior aceptable para las concentraciones en sangre, para evitar los daños neurológicos.

b) Niveles de mercurio en orina. En los trabajadores de la industria expuestos al mercurio inorgánico, los niveles de mercurio elevados en orina se relacionan con los síntomas neuropsiquiátricos excesivos, niveles elevados en orina de N-acetil- β -D-glucosaminidasa, glutatión peroxidasa y velocidades de conducción motriz media reducidas (Malm *et al.* 1997). Algunos autores piensan en cifras de 300 μg de mercurio en orina recogida en 24 horas, como las característicamente asociadas a signos y síntomas clínicos, aunque otros opinan que la concentración máxima admisible es de 50 $\mu\text{g}/\text{L}$.

c) Análisis del cabello. En contraste con la determinación de metilmercurio por sangre, éste método no invasivo se puede realizar sin supervisión médica. Es utilizado con frecuencia pues se asume que más del 80% del mercurio en cabello se encuentra en forma de metilmercurio. El metilmercurio en cabello da parámetros no solo del nivel de exposición en el ser humano, también se puede precisar el tiempo de exposición, pues el mercurio a tiempo de la formación del cabello, penetra por los capilares dentro de los folículos pilosos (Dolbec *et al.* 2001). El cabello crece a razón de un centímetro por mes y el metilmercurio puede ser recapitulado en cada centímetro de cabello.

IV.2.7- Límites permisibles de mercurio

La Organización Mundial de la Salud (OMS/WHO) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), son los organismos encargados de establecer los límites máximos permitidos de contaminantes, lo que se conoce como la Ingesta Diaria Aceptable (ADI). Sin embargo, cada país puede establecer los niveles máximos permitidos de contaminantes en los distintos alimentos. A consecuencia de los grandes desastres de Minamata e Iraq, estas instituciones realizaron cálculos de valores umbral (threshold) para la ingesta semanal de metilmercurio o mercurio (Dosis de Referencia – DdR e Ingesta Semanal Tolerable Provisional). Gracias a datos obtenidos por el National Research Council (NCR) de Estados Unidos en el año 2000 se determinó que la DdR (dosis de referencia) considerada como no letal (efectos en el desarrollo neuronal) es de 58 $\mu\text{g}/\text{l}$ en sangre del cordón umbilical y 10 $\mu\text{g}/\text{g}$ en cabello, y por daño causado in útero con deficits neurológico en niños es de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal al día.

IV.3- Zona de estudio

La provincia Iténez (departamento del Beni) está conformada por tres Secciones o Municipios: Magdalena (Primera Sección y Capital de Provincia), Baures (Segunda Sección) y Huacaraje (Tercera Sección). (Figura IV.1).

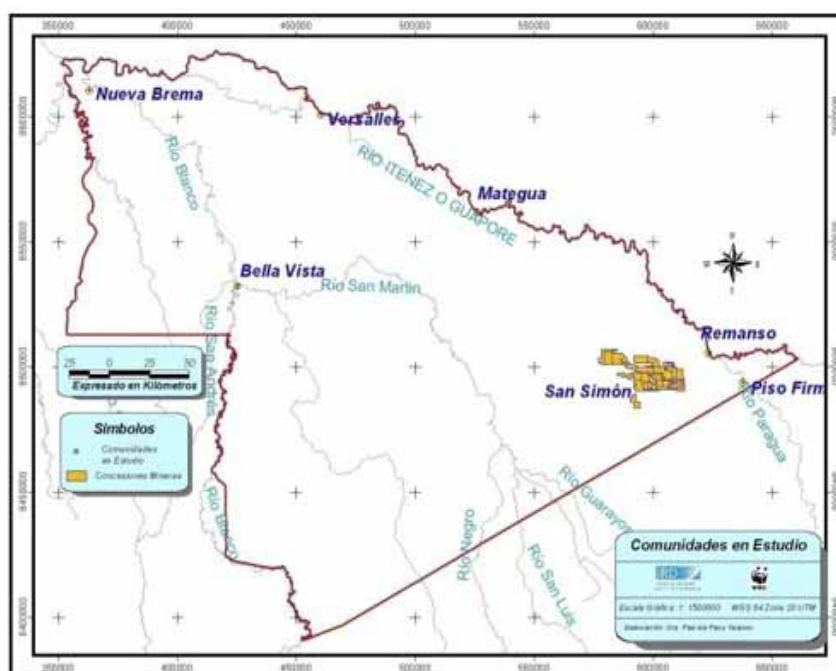


Figura IV.1- Ubicación geográfica de los ríos Iténez, Blanco, y poblaciones de estudio.

La mayor cantidad de población se encuentra en el municipio de Magdalena, con el 52.48% del total de la provincia, con una tasa de crecimiento del 2.57%, y luego el municipio de Baures, con el 27.88%. Dentro de cada Municipio existen comunidades. Magdalena, por ser la más grande, posee 30 comunidades, mientras que Baures cuenta con 12.

IV.4- Metodología

IV.4.1- Selección de comunidades

Para el estudio se seleccionaron 5 comunidades perteneciente a los dos municipios de Baures y Magdalena. Dentro del municipio de Baures, en el cual se encuentra la serranía de San Simón, se seleccionaron las localidades de Piso Firme, Remanso (comunidad la mas cercana a la mina San Simón) y Mategua. Dentro del municipio de Magdalena, fueron seleccionadas las comunidades de Versalles y Nueva Brema.

Estas comunidades, a excepción de Nueva Brema y Piso Firme (comunidades “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 que es una comunidad ribereña del Río Paraguá también afluente del Río Iténez. Todas son comunidades pequeñas. Generan electricidad por motores a diesel, ninguna cuenta con agua potable, ni alcantarillado. Piso Firme, Versalles y Remanso cuentan con personal médico, las otras dos comunidades Mategua y Nueva Brema cuentan con Responsables de Salud. En cuanto a nivel

educativo, Piso Firme, Remanso y Versalles cuentan con una escuela propia, mientras que Mategua y Nueva Brema no cuentan con este recurso. Dentro de las actividades principales de los habitantes en estas comunidades, se tiene como principal a la pesca, seguida de la caza y en pequeño porcentaje la crianza de animales de corral.

IV.4.2- Censo de población, selección de los participantes y muestreo de cabellos

Durante una primera fase del proyecto (mayo 2007), se realizaron entrevistas a los pobladores de las comunidades, para obtener datos demográficos y realizar un censo de la población con la ayuda del personal de salud y dirigentes de cada localidad. El censo fue también basando en censos previos de las comunidades y en los últimos registros de salud de cada posta. El cuestionario fue dirigido a investigar los hábitos alimenticios de las personas: consumo de pescado, frecuencia y especies que más consumen. De la misma forma éste inquiriere en datos demográficos como ocupación y el tiempo de vida en la comunidad.

A partir del censo de la primera fase se seleccionó un total de 307 participantes al azar simple, distribuidas entre las cinco comunidades seleccionadas (Tabla IV.1) y excluyendo a las personas que no quieren participar y a los menores de dos años.

En la segunda fase (agosto 2007), se realizaron reuniones colectivas en cada comunidad para una retroalimentación de nuestro propósito. Al mismo tiempo se realizaron cuestionarios y muestras de cabellos de las personas que fueron seleccionadas dentro de cada población. Se asignó a cada participante un número aleatorio de código. 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 el código anónimo.

Tabla IV.1- Número de habitantes y de muestras realizadas en las cinco comunidades de estudio

Comunidades	Número de habitantes	Número de muestras
Piso Firme	188	56
Remanso	647	120
Mategua	54	34
Versalles	116	49
Nueva Brema	128	48

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad Ambiental, dependiente del Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), para la determinación de mercurio total por espectrometría de absorción atómica con vapor frío.

Los cuestionarios permitieron registrar por cada individuo las variables siguientes : género, edad, tiempo de vida en la comunidad, ocupación, antecedentes de trabajo en minas (explotación de oro),

frecuencia de consumo de carne doméstica, carne de monte y pescado, especie de pescado más consumido. Estas variables fueron utilizadas para interpretar las concentraciones de mercurio en cabellos.

IV.4.3- medidas éticas

Este estudio fue evaluado previamente por el Comité de Bioética de Bolivia para su aprobación.

Cada participante ha tenido una información básica sobre el tema de investigación y solo fueron incluidos los que aceptaron participar de manera voluntaria, previo consentimiento informado firmado por el participante o por sus padres o tutores legales

Los datos serán introducidos en una base de datos informática llenada según un código, a fin de garantizar el anonimato. Una copia de la información será conservada en un lugar diferente al lugar de explotación de los resultados. Tanto el código como los cuestionarios que permiten vincular los datos informáticos a la identidad de las personas, son conservado en dos lugares distintos y únicamente en soporte papel. No hay ninguna conexión posible entre el banco de datos computarizado y los cuestionarios. Los datos brutos no son comunicados a personas ajenas al proyecto, incluyendo otros científicos. Sólo los datos sintetizados (cuadros, Figuras) son comunicados. Sólo los integrantes del proyecto tendrán acceso al banco de datos, bajo la estrecha supervisión del responsable y de su asistente. Los cuestionarios estarán guardados en un estante metálico cerrado con llave, en posesión del responsable del proyecto y de su asistente. Las formas de consentimiento informado firmado por el participante o su tutor serán guardadas en un archivo distinto a los cuestionarios y guardadas en un estante cerrado con llave.

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 a cada uno, con la respectiva explicación. En esta oportunidad, se han dado consejos sobre el tema.

IV.5- Resultados

Para poder obtener una mejor distribución de nuestros resultados se excluyeron a 6 resultados del estudio que presentaban una cantidad de mercurio en cabello menor a 0.6 µg/g. La media aritmética general sobre los 301 individuos restantes fue de 2.98 µg/g (Figura IV.2).

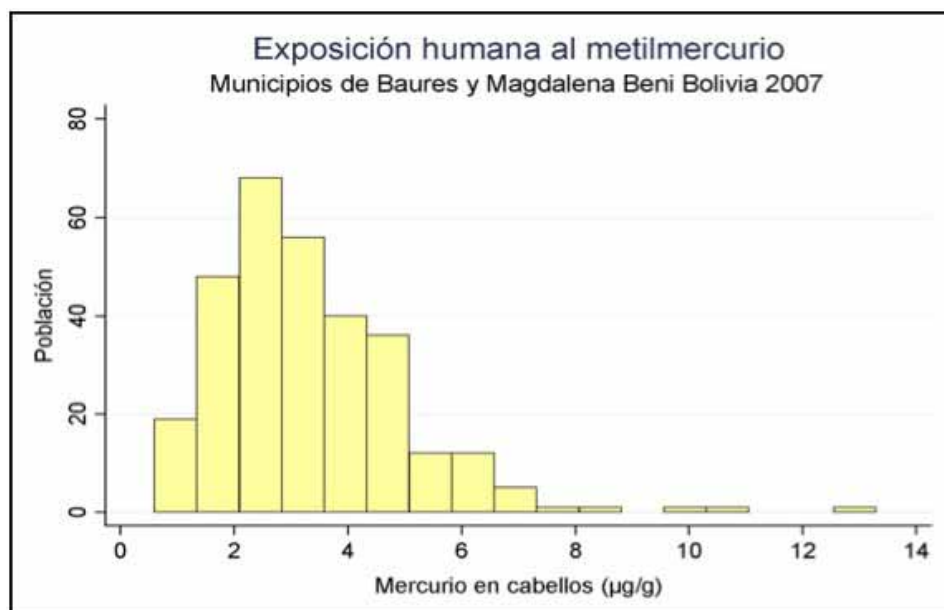


Figura IV.2- Histograma general de las poblaciones de estudio.

Para ver la asociación entre los niveles de mercurio encontrados y las variables explicativas se utilizó un análisis de regresión logística (Tabla IV.2). Los resultados muestran que existe 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.

Tabla IV.2- Análisis de regresión logística entre las concentraciones de mercurio en los cabellos de 301 individuos de la cuenca Iténez y las variables explicativas género, edad, ocupación y población.

Variabes	Factor	Fuerza de asociación (IC)	Estabilidad (p)
Género	Femenino (ref.)		
	Masculino	1,38 (0,83-2,30)	0,22
Edad	0- 15 (ref.)		
	16-45	1,41 (0,80-2,48)	0,23
	> 46	0,75 (0,36-1,56)	0,44
Ocupación	Estudiantes (ref.)		
	Agricultores	1,37 (0,66-2,83)	0,39
	Construcción	1,86 (0,32-10,72)	0,49
	Desocupados	0,70 (0,22-2,2)	0,53
	Labores de casa	0,9 (0,49-1,75)	0,82
	Profesores	0,2 (0,5-0,74)	0,017
	≤ 14 (ref.)		
Consumo de Pescado	> 14	4,65 (2,24-9,65)	< 0,001
Poblaciones	Nueva Brema (ref.)		
	Piso Firme	2,64 (0,94-7,43)	0,07
	Mategua	18,28 (5,10-65,53)	< 0,001
	Versalles	11,22 (3,82-32,95)	< 0,001
	Remanso	5,18 (2,08-12,88)	< 0,001

El análisis de la cantidad de Hg entre las comunidades muestra que existe una diferencia significativa entre las del río Iténez y de los otros ríos (Figura IV.3). Esta diferencia revela que existe mayor probabilidad de tener niveles más altos de Hg en el río Iténez en comparación a los otros ríos.

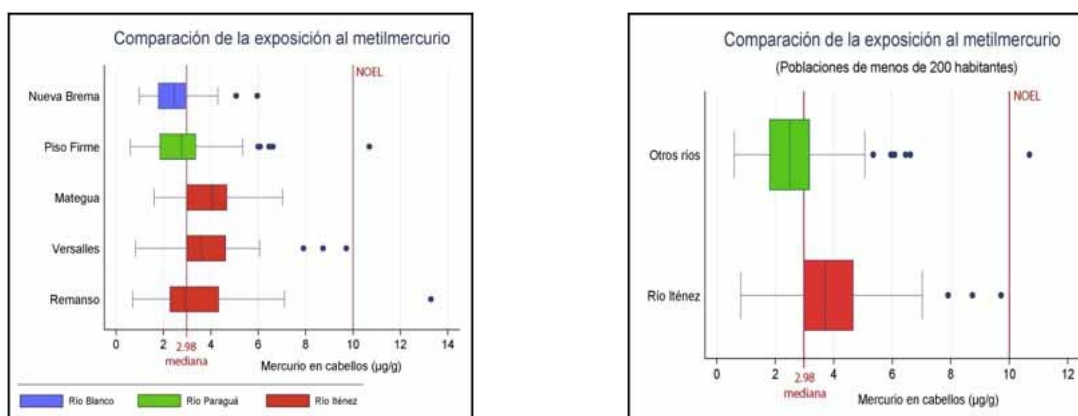


Figura IV.3- Box plot de comparación de los niveles de Hg por comunidad (Izquierda) y de los niveles de mercurio por ríos (Derecha).

IV.6- Conclusiones

Diez muestras tomadas en Bella Vista y 25 en la comunidad de la mina de San Simón fueron excluidas del análisis estadísticos por no tener similitud en hábitos alimenticios con el resto de las comunidades, no contar con el número suficiente de participantes y porque dichas comunidades no tiene similitud dentro del contexto geográfico y desarrollo con las poblaciones de estudio. Los exámenes realizados a pescadores de Bella Vista, dan un promedio de 2.5 µg/g, muy por debajo de los límites máximos permisibles. Sin embargo este resultado no es representativa por solo tener muestra de 10 pescadores de la comunidad. Los resultados de los mineros de San Simón de un promedio de 25 muestras dan un valor de 1.98 µg/g, también por debajo de los límites permisibles. Sin embargo, debido a que los mineros están expuestos al mercurio inorgánico, para poder conocer su nivel de exposición este tipo de mercurio, se debe de realizar la determinación del mercurio inorgánico en orina, no así en cabello, pues este examen no es representativo para este tipo de población.

En las poblaciones seleccionadas el consumo de especies de pescados carnívoros es mucho mayor que en Cachuela Esperanza (Barbieri 2006). Por tanto, se espera una media de mercurio igual o mayor, aunque no en los mismos niveles encontrados en las localidades más expuestas de los ríos amazónicos brasileños.

Los resultados muestran que existe una exposición al mercurio, pero estos niveles se encuentran muy por debajo de los límites de riesgo para la salud con un promedio de 2,98 µg/g, teniendo en cuenta que el límite permisible de mercurio en cabellos es de 10 µg/g.

La comparación entre el río Iténez, Blanco y Paraguá, reveló, que el primero presenta niveles de Hg un poco más elevados que los otros dos ríos, esto hace suponer que puede existir algún tipo de relación entre los ingenios mineros y los niveles de contaminación.

En conclusión, podemos citar que los niveles de metilmercurio encontrados en las comunidades de estudio no representan ningún peligro en la salud de los mismos, pero no se debe descartar la posibilidad de que en un futuro por mayor actividad minera o deforestación y erosión de los suelos, ésta tenga consecuencias en la salud de los pobladores.

IV.7- 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., Garcia A. & de Souza JR, 1997. Mercury contamination in hair of riverine populations of Apicás reserve in the Brazilian Amazon. *Water, Air & Soil Pollution* 97: 1-8
- Canno S.E. 2001. Toxicología del mercurio, actuaciones preventivas en sanidad ambiental y laboral. 1-66.
- Dolbec J., Mergler D., Sousa Passos C.J., Sousa de Moraes S. & Lebel J. 2000. Methylmercury exposure affects motor performance of a riverine population of the Tapajos river, Brazilian Amazon. *Int Arch Occup Environ Health*. 73(3): 195-203.
- Dolbec J., Mergler D., Larribe F., Roulet M., Lebel J. & Lucotte M. 2001. Sequential analysis of hair mercury levels in relation to fish diet of an Amazonian population, Brazil. *Sci Total Environ*. 271(1-3):87-97.
- Dorea J.G., de Souza J.R., Rodrigues P., Ferrari I. & Barbosa A.C. 2005. Hair mercury (signature of fish consumption) and cardiovascular risk in Mundurucu and Kayabi Indians of Amazonia. *Environmental Research* 97 (2): 209-19.
- Frey N., Brachet M., Malliot E., Deheeger M., de Merona B. & Boudou A. 2001. Gold-Mining Activities and mercury contamination of native Amerindian communities in French Guiana: key Role of Fish in Dietary Uptake. 449-456.
- Guallar E., Sanz G., Van't Veer P., Bode P., Aro A., Gómez J., Kark J., Riemersma R.A., Moreno J.M. & Kok F.J. 2002. Mercury, Fish Oils, and the Risk of Myocardial Infarction. *New England Journal of Medicine* 347:1747-1754
- 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/>
- Lebel J., Roulet M., Lucotte M. & Larribe F. 1997. Fish diet and mercury exposure in a riparian Amazonian population. *Water, Air, & Soil Pollution* 97: 31-44
- Malm O., Branches F.J., 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 Tapajos river basin, Brazil. *Sci Total Environ*. 175 (2):141-50
- National Council Research (NCR) 2000. Toxicological Effects of methylmercury. Washington.
- Olivero J., Johnson B. & Arguello E. 2002. Human exposure to mercury in San Jorge river basin, Colombia (South America). *Sci Total Environ*. 289(1-3):41-7.
- Pinheiro M.C., Nakanishi J., Oikawa T., Guimarães G.A., Quaresma M., Cardoso B., Amoras W.W., Harada M., Magno C., Vieira J.L., Xavier M.B. & Bacelar D.R. 2000 Methylmercury human exposure in riverside villages of Tapajos basin, Para State, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop*. 33(3):265-9.
- Soares de Campos M., Souza J., Céli R., da Silva E & de Oliveira E. 2002. Correlation between mercury and selenium concentrations in Indian hair from Rondonia State, Amazon region, Brazil. *Science of the Total Environment* 287: 155-161.
- Tavares L.M., Camara V.M., Malm O. & Santos E.C. 2005. Performance on neurological development tests by riverine children with moderate mercury exposure in Amazonia, Brazil. *Cad Saude Publica*. 21(4):1160-7.
- World Health organization (WHO/OMS) 1991. Environmental Health, Criteria 101, Methylmercury. 1-18.