

Intoxicación por mercurio en la región de Madre de Dios: un problema de salud pública

Fernando Osores Plenge*, Manuel Huamán Guerrero**, Gustavo Grández Castillo***

Determinación de los niveles de intoxicación por mercurio en la población minera de Madre de Dios, Huepetuhe, Inambari y Laberinto, como efecto negativo de la recuperación del oro en la minería aurífera.

PRESENTACIÓN

El mercurio, un metal pesado cuyo uso se remonta a los albores de la historia de la humanidad, es un elemento constitutivo de la Tierra, por lo que se encuentra de manera natural en el medio ambiente, en una gran variedad de formas.

Existen tres formas primarias o especies: Hg⁰, Hg¹⁺ y Hg²⁺. La elemental o metálica, representada como Hg⁰, es un metal plateado brillante que en estado líquido, a temperatura ambiente y cuando no se encuentra debidamente envasado, se evapora parcialmente, formando gases incoloros e inodoros de mercurio elemental. Cuanto mayor sea la temperatura ambiente, la tendencia a generar gases de mercurio elemental se incrementa. En sus estados Hg¹⁺ y Hg²⁺ forma compuestos inorgánicos, tales como sales, sulfuros y ácidos fuertes, y compuestos orgánicos u organomercuriales (metilmercurio, etilmercurio, dimetilmercurio, fenilmercurio), por unión covalente al carbono.

El mercurio desarrolla una dinámica ambiental espontánea, producto de las fuentes naturales y de sus escapes, que fluyen al ambiente en forma de gases, soluciones o partículas en dirección a la atmósfera, al suelo, a las fuentes hídricas y cadenas tróficas, llegando hasta el ser humano, en quien puede producir graves alteraciones de salud por intoxicación aguda y crónica.

La principal fuente natural de mercurio es la desgasificación natural de la corteza terrestre, incluidas

las erupciones volcánicas; mientras que el ser humano, a través de sus actividades socioproductivas (antropogénicas), constituye la mayor fuente secundaria de liberación de mercurio al medio ambiente. El mercurio a su vez puede existir en diversas formas inorgánicas y orgánicas; debido a la acción microbiológica de microorganismos y procesos naturales puede pasar de sus formas inorgánicas a las orgánicas y viceversa.

Desde 1850, la concentración de mercurio en los sedimentos de los ríos, lagos y estuarios se ha cuadruplicado aproximadamente desde los tiempos prehistóricos; estimándose que a fines del siglo pasado la emisión total global anual de mercurio a la atmósfera fluctuó entre 900 y 6.200 toneladas métricas, incluyendo tanto fuentes naturales primarias como las antropogénicas secundarias. Esto demuestra un incremento alarmante por contaminación antropogénica en los niveles de mercurio en el medio ambiente, desde el inicio de la era industrial⁴.

Aunque la producción mundial de mercurio extraído de las minas ha ido decreciendo de manera continua en los últimos veinte años, de 10 mil toneladas anuales en 1970 a 5.500 en 1990 y 1.800 en el 2000, el uso de mercurio en su forma metálica en los procesos de extracción de oro informal se ha incrementado en el Perú y, de manera particular, en la región de Madre de Dios.

El mercurio metálico en estado líquido o gasificado puede ser depositado en el suelo y permanecer como tal o bien ser oxidado a sus formas Hg¹⁺ y Hg²⁺. En el primer caso no suele plantear mayores problemas, puesto que el mercurio metálico es poco reactivo. Sin embargo, el depósito de mercurio en formas oxidadas, especialmente Hg²⁺, representa un factor importante de riesgo para la salud humana, puesto que bajo estas formas se incorpora con facilidad a compuestos orgánicos o se transforma en complejos solubles, que son tomados por plantas, peces, otros animales y finalmente el ser humano²⁰.

De igual forma, el suministro de mercurio primario y secundario desde la litósfera y atmósfera a las fuentes

* Médico infectólogo tropicalista. Docente de la FAMURP. Investigador principal del Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas. Miembro del Centro de Investigación para el Desarrollo Ecosaludable de la Amazonia.

** Decano y profesor principal de la Universidad Ricardo Palma.

***Alumno de la FAMURP, investigador junior adscrito al INICIB.

de agua natural en forma elemental, arrastrado en asociación a material particulado por el agua o en forma iónica, generará la llegada directa de especies mercuriales de alta peligrosidad para la salud de la biosfera y por ende de la especie humana, y/o su posterior transformación a partir de la ionización y solubilización que en el tiempo el mercurio elemental depositado generará²⁰.

La acción antropogénica a nivel de la región de Madre de Dios (principalmente por las actividades de minería informal y la deforestación), en asociación con las elevadas temperaturas y radiación solar de la zona, producen un incremento de mercurio en el medio atmosférico²⁰. La quema de bosques adiciona a la atmósfera entre 17 t/año a 90 t Hg/año. Se estima que en la región amazónica la erosión de los suelos deforestados puede liberar hasta 30 mil μg Hg por m^2 , la mayoría alcanza las fuentes de agua en forma principalmente orgánica, altamente nociva para la salud humana. La deforestación, en especial la de ciertas especies de árboles que son depredados sin control, puede constituir verdaderos contenedores estables de mercurio que son destruidos²⁰.

En América Latina, la minería artesanal aurífera de amalgamación de mercurio es una de las principales fuentes de emisión de mercurio al ambiente, con un volumen estimado de 200 toneladas al año. No menos de 1,0 g de mercurio es usado para obtener 1,0 g de oro²².

Aunque la producción mundial de mercurio extraído de las minas ha ido decreciendo de manera continua en los últimos veinte años -de 10 mil toneladas anuales en 1970 a 5.500 en 1990 y a 1.800 en el 2000^{23, 24, 25, 26-}, el uso de mercurio en forma metálica en los procesos de extracción de oro informal se ha incrementado en el Perú y de manera particular en la Región de Madre de Dios²⁷, asociada a una migración importante de pobladores de los Andes peruanos, para ejecutar esta acción extractiva²⁸ de manera informal.

Debido a la elevada volatilidad del mercurio metálico en forma de vapor, este metal puede ser transportado a grandes distancias, a poblaciones lejanas de las zonas de actividad minera⁴.

En el caso de Madre de Dios, del total del mercurio utilizado, aproximadamente el 20% es descargado directamente a los ríos de la cuenca del Madre de Dios y otro 20% se pierde en la atmósfera². Se calcula que la descarga anual de mercurio a los ríos fluctúa entre las 10 y 30 toneladas²⁵. Este es transformado en gran medida por un proceso biótico que involucra al

metabolismo microbiano (*Metanobacterium amelanskis*), convirtiéndolo en especies orgánicas, de las cuales la más abundante y peligrosa es el metilmercurio.

Las tres vías por las que los seres humanos se envenenan son la inhalatoria por gases; la oral por ingesta de agua y alimentos contaminados como peces, carne de animales y vegetales; y la dérmica por contacto directo con mercurio orgánico.

La tasa de ingestión diaria máxima de mercurio admitida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 30 μg para una persona de 70 kg. Los límites máximos permitidos de mercurio como contaminante, en la ingesta diaria aceptable (IDA) definida por la OMS y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), son para el adulto de menos de 50 microgramos por gramo ($\mu\text{g}/\text{g}$) de mercurio capilar (índice que refleja la concentración de mercurio en sangre).

En los fetos, neonatos y niños, sobre todo en el feto cuyo sistema nervioso se encuentra en pleno proceso de estructuración, la concentración capilar tiene una sensibilidad cinco a diez veces superior a la del adulto. En el estado actual de los conocimientos, la OMS indica que pueden producirse retrasos de desarrollo en el niño a niveles maternos de mercurio capilar de 10 a 20 $\mu\text{g}/\text{g}$.

La toxicidad del mercurio depende de su forma química y, por lo tanto, de las fuentes de exposición. Los síntomas y signos por envenenamiento mercurial varían según se trate de exposición al mercurio elemental, a sus compuestos inorgánicos o a sus compuestos orgánicos.

El mercurio metálico líquido es poco absorbido por el tracto gastrointestinal, mientras que la vía dérmica e inhalatoria en forma de vapores de mercurio y sus compuestos es sumamente tóxica, generando irritación bronquial, neumonitis severa, edema pulmonar, sialorrea, sabor metálico, gingivitis, estomatitis, proteinuria por alteración renal, neuropatía periférica, eretismo caracterizado por una inusual irritabilidad nerviosa, alteraciones conductuales y temblores musculares.

A diferencia de la forma etilada de mercurio, "etilmercurio", que se excreta muy rápido y prácticamente desaparece en cinco o seis días del cuerpo humano, la forma orgánica metilada, "metilmercurio", es sumamente tóxica y no se elimina con facilidad. Además tiene la propiedad de concentrarse por bioacumulación y biomagnificación en muchos peces de agua dulce y salada, así como en plantas y

mamíferos que constituyen puntos superiores de la cadena alimentaria previos a la dieta humana, en concentraciones miles de veces mayores que las de las aguas circundantes⁷.

El mercurio metilado se incorpora con una facilidad insospechada al ser humano a través de los peces, hortalizas, frutas y carnes²⁰, mientras que su eliminación se realiza principalmente por vía renal (riñones) y fecal, aunque también se ha visto que se puede eliminar por la saliva, lágrimas, sudor y bilis³².

No cabe duda de que en los seres humanos, la especie mercurial más peligrosa incorporada en el organismo es el metilmercurio. Debido a la farmacocinética y farmacodinámica de esta especie orgánica, tiene una gran facilidad para absorberse en muchos tejidos, reaccionando con las membranas y los complejos enzimáticos de las células del cuerpo humano, inhibiendo una serie de mecanismos metabólicos esenciales para la salud. De esta forma, origina gastroenteritis por alteración directa del sistema gastrointestinal, urticaria y vesiculación a nivel de la piel, lesión renal con necrosis tubular, toxicidad en la médula ósea productora de los glóbulos rojos y blancos, daños severos en el sistema nervioso con parestesias, ataxia, disminución de la agudeza visual y auditiva, etc.

En la población infantil los daños son aún más dramáticos y generalmente irreversibles, con la generación de serios desórdenes del desarrollo neuropsicomotriz, mientras que durante la embriogénesis y embarazo produce mutaciones genéticas, muerte fetal e intoxicación de la madre envenenando al binomio madre-niño ^{31,32,36,42,43,44,45,46,47,48,49}.

El caso histórico y oficialmente aceptado como el más desastroso de envenenamiento ambiental por mercurio se produjo en Minamata (Japón), entre 1963 y 1975, con 10 mil personas afectadas, 703 minusválidos y unos 100 muertos. La causa fue una fábrica que vertía compuestos de mercurio al mar. Por esta razón se conoce el caso como "enfermedad de Minamata"^{50,51}.

Se estima que la biodinámica del mercurio en la región de Madre de Dios constituye un grave problema ambiental y de salud pública, debido principalmente a una intensa y prolongada actividad extractiva aurífera, asociada al uso de grandes volúmenes de mercurio para los procesos de recuperación y amalgamación del oro; a la deforestación irracional por la agricultura de monocultivo e industria maderera, junto con una falta de conciencia de todos los actores y la ausencia de un

marco legal integral, comprometiendo no solo directamente a la población que se dedica a la minería aurífera aluvial, sino también a otras poblaciones indirectamente relacionadas a través de procesos de contaminación hídrica, eólica y trófica por concentración mercurial en ríos, peces, tierras de cultivo y aire⁶⁰.

Es por ello que se requiere determinar, tanto cuantitativa como cualitativamente, la magnitud real del problema ocasionado por la contaminación mercurial en la cuenca del río Madre de Dios, utilizando métodos estadísticamente válidos sobre las poblaciones afectadas, los mecanismos y vías más frecuentes de contaminación, y los lugares que generan mayor contaminación aguda o crónica por mercurio.

El presente estudio pretende aportar información útil para la toma de decisiones y que pueda servir para iniciar estudios de mayor envergadura y de mayor jerarquía en relación a la causalidad de los factores implicados en la intoxicación por mercurio, como producto de la contaminación del medio ambiente (ríos, tierras de cultivo, peces, etc.).

La intoxicación por mercurio en la región de Madre de Dios constituye un problema de salud pública, ya que no solo compromete a la población que se dedica a esta actividad extractiva sino a otras personas a distancia -a través de la contaminación de las aguas de sus ríos, alimentos (peces) y tierras de cultivo- y directamente a los manipuladores (refogueros) de la amalgama de oro-mercurio en la minería aluvial.

La literatura médica existente ha demostrado que este metal produce alteraciones teratogénicas en la prole; si ello es así, las poblaciones futuras de Madre de Dios están en grave peligro.

Este estudio es el primer paso para evidenciar la gravedad de este problema que estaría afectando a un importante sector de la población madreñosense. Se trata de mejorar la información accesible a los directamente implicados en el problema: mineros, autoridades, organizaciones de base y población en general, para diseñar e implementar estrategias efectivas y viables de intervención que busquen disminuir y posteriormente desaparecer la contaminación del medio ambiente por mercurio, a través de metodologías limpias para la obtención del oro sin el uso del mercurio (azogue).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las actividades extractivas más importantes en el departamento de Madre de Dios es la minería aurífera aluvial, que se efectúa casi en su totalidad en

la provincia del Manu. También se realiza en las cuencas de los ríos Madre de Dios (Tambopata), Malinowski (Tambopata) y Las Piedras (Tambopata). El desarrollo de la minería en estas zonas data de hace aproximadamente 59 años, cabe mencionar que actualmente en la zona de las comunidades nativas de San José de Karene y Puerto Luz, conocida como Bajo Puquiri (Delta Uno), se viene ejecutando un intenso trabajo minero en estos últimos tres años, situación que ha determinado el incremento del flujo migratorio de personas procedentes en su mayoría de los departamentos de Cuzco y Puno, quienes vienen siendo víctimas de la contaminación medioambiental como consecuencia de la utilización del mercurio para la obtención del oro.

Los diferentes métodos de obtención de oro (recuperación) son de tipo artesanal y mecanizado (carretillas, chutes, dragas, chupaderas, carrancheras etc.). La recuperación promedio por los distintos métodos de explotación es de aproximadamente un 60%. La producción diaria de oro es de 28,61 kg, lo que equivale a unas 8,6 toneladas anuales.

La recuperación efectuada por los mineros tiene tres etapas: recuperación propiamente dicha, amalgamación y refogado de la amalgama oro-mercurio.

En todos los métodos de explotación descritos la recuperación del oro es similar, utilizando para ello abundante agua y equipos o implementos simples como una batea o una canaleta cubierta de yute, alfombras o ríflera de madera. Se utiliza el agua de los propios ríos que son explotados.

El oro grueso (pepitas y latitas) es recogido manualmente. El oro fino contenido en las arenas pesadas es amalgamado en el campamento, sobando manualmente el mercurio agregado en exceso a las arenas pesadas. La operación concluye después de unas dos horas, cuando ya no se ven puntos amarillos (oro) sino solo blancos (amalgama). El proceso continúa con la recuperación de la amalgama, para lo cual se bate la arena con amalgama en la orilla del río.

La amalgama recuperada se exprime con una tela para extraer el exceso de mercurio, obteniéndose de esta manera la perla o botón de amalgama $Hg + Au$, cuya proporción es de 60% de Hg y 40% de oro.

La perla es envuelta en papel y colocada en una lata de atún que se lleva a la brasa del fogón ubicado en la cocina del minero, obteniéndose el oro refogado.

En un estudio hecho por el ingeniero David Cuadros Torres, jefe del SPMAA-MDD (Subproyecto Minería Aurífera Artesanal-Madre de Dios), en diciembre de 1995, se reportó que en la zona de Buena

Fortuna se utilizaron 2.212 kg de mercurio en 12 días, obteniéndose 790 kg de oro. Sobre la base de esta información se ha calculado que se emplean 2,8 kg de mercurio por kilo de oro.

Uno de los principales aspectos de la química del agua en los ríos es el mercurio, debido a las potenciales pérdidas del mercurio ocurridas en las operaciones de amalgamación y en el subsiguiente procesamiento de los relaves. Para evaluar este aspecto es importante comprender los mecanismos potenciales de liberación y transporte.

En las operaciones de amalgamación, el mercurio puede estar en forma metálica, la cual tiene baja solubilidad. Sin embargo, si el mercurio es descargado a un cuerpo de agua, existe un potencial de acumulación en los sedimentos y reacciones con bacterias y organismos, dando lugar a la formación de especies orgánicas de mercurio más tóxicas y móviles (metilmercurio).

En la mayoría de las operaciones informales de amalgamación el oro es recuperado a partir de la amalgama, mediante la volatilización del mercurio, cuyo vapor se precipita rápidamente, extendiendo la contaminación a áreas mayores y alejadas del sitio de la actividad minera, comprometiendo suelos, vegetación y peces.

La química, transporte e impacto del mercurio requieren de una detallada comprensión de fuentes y de ambiente geoquímico local. Las investigaciones realizadas solo presentan indicadores de los problemas potenciales asociados con el mercurio, sobre la base principalmente de los análisis de muestras de sólidos, los cuales nos indican la presencia de mercurio en las aguas de los ríos.

Asimismo, dado que los impactos del mercurio en el ambiente están íntimamente vinculados a las especies acuáticas (ya que el mercurio es comparativamente poco soluble en el agua), el estudio del componente biológico constituye tal vez un indicador más útil de su presencia. Sin embargo cualquier evaluación de la captación de mercurio por parte de las especies acuáticas debe considerar la potencial influencia de ocurrencias naturales de mercurio en el ambiente.

El estudio de las muestras de sedimentos y suelos también aportará información útil sobre la presencia y, posiblemente, sobre las fuentes de mercurio en el ambiente.

La contaminación por mercurio constituye la amenaza más seria al ecosistema y se produce bajo dos formas (Llosa, 1995):

- Mediante su emisión en estado líquido al medio acuático, producida por las labores de amalgamación del oro (Hg + Au), al verter el agua sobrante al cauce del río.

- Mediante la emisión de vapor de mercurio, al quemar la amalgama con la finalidad de concentrar el oro.

En los dos casos hay incorporación efectiva del metal al ecosistema. En el primero de manera directa y en el segundo por acción de las lluvias que llevan las partículas de vapor a los cursos de agua. El elemento es transformado por microorganismos acuáticos a diversas formas compuestas, una de las cuales, el metilmercurio, es la más tóxica. Este compuesto ingresa en la red trófica casi desde la base, contaminando en grado diverso al resto de los organismos de los ecosistemas acuáticos afectados.

Esta contaminación llega sin duda al ser humano, pues el pescado es parte importante de la dieta de todos los pobladores de la zona. Por otro lado, durante el proceso de quema de amalgama, la contaminación es directa, ya que el minero se impregna de mercurio e inhala los vapores tóxicos, más aún en los casos de efectuar la quema en el fogón de la cocina.

El mercurio afecta el sistema nervioso central causando daños irreversibles. Los síntomas de una persona intoxicada con mercurio son: mareos, cólicos, vómitos, irritación de las encías, deficiencias de la vista, dolores de riñón y uretra, dificultad en el habla y pérdida de concentración. Durante la gestación afecta tanto a la madre como al niño no-nacido, alterando el desarrollo neurológico y llegando a causar malformaciones congénitas.

No se conoce el nivel de intoxicación de las personas en las zonas mineras de Madre de Dios por efecto del mercurio, sabiendo que la minería aluvial se remonta, como se ha dicho, a casi 60 años de actividad continua, con la que se ha venido contaminado el medio ambiente (tierras de cultivo, cuerpos de agua y todo producto hidrobiológico); y sabiendo también que una fuente importante de proteínas en la población proviene de la pesca. Todo ello nos lleva a pensar en la existencia no reportada de una población enferma por causa del mercurio (azogue). Tal información serviría para implementar medidas orientadas al control y protección de estas poblaciones expuestas al mercurio.

Experiencias similares de zonas de minería y minería aurífera aluvial, con patrones sociales y temporales parecidos a los de Madre de Dios en países vecinos, han revelado contaminación mercurial del

ambiente (agua, sedimentos, peces) y de seres humanos en la zona del río Tapajos en Brasil y en la zona del río Pilcomayo en Pando, Bolivia. En el área del río Puyango en Ecuador, además de la contaminación del agua, sedimentos, peces y seres humanos, se encontró contaminación mercurial incluso en productos agrícolas de consumo humano. En todos estos lugares, con un espacio geográfico limitado, con una población similar a la nuestra, con un entorno tropical como el nuestro y con una antigüedad de extracción similar a la nuestra los límites permisibles fueron sobrepasados.

Lo preocupante de estos sitios y del nuestro también es que el volumen estimado de mercurio vertido al ambiente equivaldría a por lo menos diez veces más que el vertido durante un lapso mucho mayor de tiempo en la bahía de Minamata, Japón.

Existen evidencias de la presencia de mercurio en peces expendidos en el mercado de la ciudad de Puerto Maldonado (Deza-Arroyo, 1997) y en peces, sedimentos y agua del río Malinowski (INRENA-IANP, 2003). Una encuesta de la sintomatología de contaminación por mercurio, realizada por Silva-Maytano y Flores-Cruz (2005), reveló la potencial presencia de cuadros positivos en personas encuestadas en la ciudad de Puerto Maldonado.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Se conoce la real magnitud de los casos de intoxicación aguda o crónica por el uso indebido del mercurio en la actividad aurífera aluvial en la población de las zonas mineras de Colorado, Huepetuhe, Mazuco y Laberinto en la provincia de Manu, departamento de Madre de Dios?

HIPÓTESIS

El subregistro existente se debe a la falta de procedimientos y métodos diagnósticos confiables y de bajo costo para la determinación de los diferentes grados de intoxicación por mercurio, agudos y crónicos, en la población de las zonas mineras de Colorado, Huepetuhe, Mazuco y Laberinto, provincia de Manu, departamento de Madre de Dios.

JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la intoxicación por mercurio en las zonas mineras, producida por la contaminación de las tierras de cultivo, las aguas de los ríos y los recursos hidrobiológicos (peces), constituye un hecho de gran importancia para la salud pública en Madre de Dios.

La intoxicación crónica sería el tipo clínico más importante, ya que el mercurio va ingresando bajo la forma de metilmercurio, en cantidades pequeñas y en forma acumulativa, evidenciando sintomatología cuando los daños ya causan estragos en el organismo, constituyendo muchas veces lesiones irreversibles a nivel neurológico.

El pescado constituye una fuente de proteína barata e importante en las mesas populares de la población de Puerto Maldonado, y existiendo evidencia de estudios anteriores en el sentido de que muchas especies tienen valores por encima de los estándares permitidos de mercurio por gramo de carne, cabe esperar que exista un sector de la población en riesgo de enfermar por intoxicación crónica por mercurio a través de la ingesta de peces de los ríos donde se da tal contaminación.

La investigación no perjudicará a la población expuesta sino que, por el contrario, sus resultados permitirán plantear medidas orientadas a la disminución o eliminación de los factores de riesgo implicados en la génesis del daño.

Esta investigación nos servirá también para realizar nuevas aproximaciones para determinar otras consecuencias de la contaminación del medio ambiente por mercurio; y nos permitirá implementar o reorientar las políticas sanitarias regionales y los recursos financieros destinados a la prevención y al control.

La intoxicación crónica por mercurio no tiene solo repercusión en la presente generación sino puede producir lesiones graves, especialmente neurológicas, como retardo mental y esquizofrenia en su descendencia, poniendo en riesgo el futuro de las nuevas generaciones y el desarrollo de nuestra región.

Conclusión

Es por esto que el INICIB-FAMURP, habiendo culminado con la fase de *scoping*, desarrollará una mayor investigación en campo para determinar la magnitud real, tanto cuantitativa como cualitativa, del problema sobre la salud humana ocasionado por la contaminación mercurial en la cuenca del río Madre de Dios, utilizando métodos estadísticamente válidos sobre las poblaciones afectadas, los mecanismos y vías más frecuentes de contaminación y los lugares que aportan mayor contaminación aguda o crónica por mercurio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Heron, H. Personal communication. Danish Environmental Protection Agency, June 2001.
2. Ebinghaus, R., Kock, H.H., Temme, C., Einax, J.W., Lowe, A.G., Richter, A., Burrows, J.P. and Schroeder, W.H. Antarctic Springtime Depletion of Atmospheric Mercury. *Environmental Science and Technology* 2002; 36, 1238-1244.
3. Meech, J.A., M.M. Veiga y D. Tromans. Reactivity of mercury from gold mining activities in darkwater ecosystems. *Ambio* 1998, 27: 92-98.
4. (1997): as cited in HELCOM (2001).
5. Hladíková, V., Petrik, J., Jursa, S., Ursínyová, M. and Kočan, A. Atmospheric mercury levels in the Slovak Republic. *Chemosphere* 2001; 45: 801-806.
6. Ferrer, A. Intoxicación por metales. *Anales Sis San Navarra [periódico en la Internet]* [citado 2008 Nov. 11]. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-662720030002000008&lng=es&nrm=iso.
7. Hylander, L.D. *Water, Air and Soil Pollution* 2001; 125: 331-344. As cited in comm-3-ngo; Uppsala University.
8. A., Roels, H., Bernard, A.M., Barbon, R., Buchet, J.P., Lauwerys, R.R., Rosello, J., Hotter, G., Mutti, A. and Franchini, I. Markers of early renal changes induced by industrial pollutants. I. Application to workers exposed to mercury vapour. *British Journal of Industrial Medicine* 1993; 50:17-27.
9. Canadian Dept. of Fisheries and Oceans (1998): cited in the Canadian submission.
10. Caux, P.Y., Roe, S., Roberts, E., and Kent, R. A Canada-wide GIS analysis of methylmercury in fish: Exploring and communicating relative risks to wildlife. Poster presented at the 21st annual meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Nashville, TN, Nov. 2000: 12-16.
11. CDC. Blood and hair mercury levels in young children and women of childbearing age - United States, 1999. *CDC - Morbidity and Mortality Weekly Report*, March 2001 (seen June 4, 2001 on <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5008a2.htm>).
12. Claisse, D., Cossa, D. and Bretaudeau-Sanjuan, J. Methylmercury in molluscs along the French coast. *Marine Pollution Bulletin* 2001; Vol. 42, pp. 329-332.
13. OPS, OMS. Criterios de salud ambiental. Mercurio. Washington D.C. Las Organizaciones, 1971, pp. 44-47.
14. Munthe, J., Hultberg, H., Lee, Y.-H., Parkman, H., Iverfeldt, Å. and Renberg, I. Trends of mercury and methylmercury in deposition, run-off water and sediments in relation to experimental manipulations and acidification. *Water, Air and Soil Pollution* 1995; 85 (2): 743-748.
15. Hylander, L.D. and Meili, M. 500 years of mercury production: global annual inventory by region until 2000 and associated emissions. In print, *Science of the Total Environment* 2002.
16. P. Higuera, J.M. Escribá, J.E. Gray *et al.* Un caso de contaminación milenaria: el Distrito de Almadén. VII Congreso Nacional del Medio Ambiente. Madrid, España, 2004.
17. Horvath (1986). The ELTECH Membrane Gap Cell for the Production of Chlorine and Caustic. (In) *Modern Chlor-alkali Technology*, Volume 3; K. Wall (ed.). Ellis Horwood Limited, Chichester, London, 1983.
18. Irwin, R.J. 1997a. Environmental Contaminants Encyclopedia- Mercury Entry. United States National Park Service, Fort Collins, CO, USA.

19. Chu, P. y D.B. Porcella. **Mercury stack emissions from U.S. electric utility power plants.** *Water, Air and Soil Pollution* 1995; 80: 135-144.
20. USEPA (Agencia de **Protección Ambiental de los Estados Unidos de América**). 1997a. **Mercury Study Report to Congress.** (Informe de Estudio sobre el Mercurio Presentado al Congreso). Office of Air Quality Planning and Standards. Diciembre 1997.
21. Evaluación mundial sobre el mercurio. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Programa Interorganismos para la Gestión Racional de las Substancias Químicas. PNUMA Productos Químicos. Ginebra, Suiza, diciembre de 2002. Versión en español publicada en junio de 2005.
22. Veiga, M.M. y J.A. Meech. Gold mining activities in the Amazon: clean-up techniques and remedial procedures for mercury pollution. *Ambio* 1995, 24: 371-375.
23. Jasinski, S.M. (1994). The materials flow of mercury in the United States. The United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Circular 9412. Available from <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/>.
24. Reese. USA Geological Survey Minerals Yearbook 1997: Mercury. USGS at www.usgs.gov.
25. Reese. USA Geological Survey Minerals Yearbook 1999: Mercury. USGS at www.usgs.gov.
26. Submission from the Nordic Council of Ministers: Maag, J., Hansen, E. and Dall, O.: Mercury - A Global Pollutant Requiring Global Initiatives, COWI AS for the Nordic Council of Ministers, December 2001. TemaNord 2002: 516.
27. El Comercio. Madre de Dios: un problema ecológico sin visos de solución. b4/Economía. El Comercio, martes 29 de diciembre del 2009. <http://e.elcomercio.pe/66/impresa/pdf/2009/12/29/ECEQ291209b4.pdf>. Accesado 01/04/10.
28. Lourdes Fernández Felipe-Morales. Diagnóstico de los impactos integrados de la carretera Interoceánica Sur en la Región Madre de Dios. Wildlife Conservation Society 2009. ISBN: 978-612-45483-0-7.
29. Centro de Investigación Educación y Desarrollo. Medio Ambiente 1993; 56 (45): 59.
30. Defendiendo Madre de Dios - Efectos del mercurio en el ser humano. <http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/contenido.jsp?ID=152>
31. Brack A. y Cecilia M. "Ecología del Perú". Lima, Editorial Bruño, 2000, 494 p.
32. Gilbert SG, Grant-Webster KS. Neurobehavioral effects of developmental methylmercury exposure. *Environ Health Perspect* 1995; 103: 135-142.
33. Thomas W. Clarkson, Laszlo Magos, and Gary J. Myers. The Toxicology of Mercury - Current Exposures and Clinical Manifestations. *N Engl J Med* 2003; 349:18.
34. García, S.F. (2000). Monitorización de metales de interés medioambiental en la población de Tarragona. Niveles en tejidos de autopsia. Tesis presentada para optar por el título Sepúlveda G.L.E.; G.L.M. Agudo y C.A.I. Arangenas. (2006). El mercurio, sus aplicaciones en la salud y en el ambiente: http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com_content&task=view&id=237&I
35. IPCS (1990). Methylmercury Environmental Health Criteria 101. Geneva: World Health Organization, International Programme on Chemical Safety.
36. J.E Picazo Sánchez, J.M. Fernández Vozmediano. Perfeccionamiento y puesta al día en dermatología. *Actualidad Dermatológica* 119-126. Accesado 24/12/08 www.actualidaddermatol.com/art3295.pdf.
37. J.F. Risher, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Atlanta, Georgia, USA. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. World Health Organization Geneva, 2003. <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>.
38. Organización Mundial de la Salud. Comité Consultivo Mundial sobre Seguridad de las Vacunas, agosto 2003, revisado marzo 2004.
39. Organización Mundial de la Salud. Comité Consultivo Mundial sobre Seguridad de las Vacunas. Declaración sobre el tiorosal, julio 2006.
40. Santiago E. Cano. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. Jornada internacional sobre el impacto ambiental del mercurio utilizado en la minería aurífera artesanal en Latinoamérica. Lima, Perú, septiembre del 2001. Accesado 01/04/10, <http://www.gama-peru.org/jornada-hg/espanol.pdf>.
41. Pinheiro M.C.N., Müller R.C.S., Sarkis J.E., Vieira J.L.F., Oikawa T., Gomes M.S.V., Guimaraes G.A., do Nascimento J.L.M. y Silveira L.C.L. (2005). Mercury and selenium concentrations in hair samples of women in fertile age from Amazon riverside communities.
42. Kjellstrom T, Kennedy P, Wallis S, Mantell C. Physical and Mental Development of Children with Prenatal Exposure to Mercury from Fish. Stage 2: Interviews and Psychological Tests at Age 6. Sweden: National Swedish Environmental Protection Board, 1989.
43. Davidson PW, Myers GJ, Cox C, *et al.* Longitudinal neurodevelopmental study of Seychellois children following in utero exposure to methylmercury from natural fish ingestion: Outcomes at 19 and 29 months. *Neurotoxicology* 1995; 116: 677-688.
44. Grandjean P, Weche P, White R, *et al.* Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol Teratol* 1997; 19: 417-428.
45. Davidson PW, Myers GJ, Cox C, *et al.* Effects of prenatal and postnatal methylmercury exposure from fish consumption on neurodevelopment: Outcomes at 66 months of age in the Seychelles Child Development Study. *JAMA* 1998; 280: 701-707.
46. Muckle G, Dewailly E, Azotte P. Prenatal exposure of Canadian children to polychlorinated biphenyls and mercury. *Can J Public Health* 1998; 89 (Suppl 1): S20-5.
47. Dumont C, Girard M, Bellavance F, Noel F. Mercury levels in the Cree population of James Bay, Quebec from 1988 to 1993/4. *CMAJ* 1998; 158: 1439-1445.
48. Clarkson T. Methylmercury and fish consumption. *CMAJ* 1998; 158: 1465-1466.
49. Weir E. Methylmercury exposure: Fishing for answers. *CMAJ* 2001; 165: 205-206.
50. Harada M. Congenital Minamata disease: Intrauterine methylmercury poisoning. *Teratology* 1978; 18: 285-288.
51. Tsuda T, Yorifuji T, Takao S, Miyai M, Babazono A. J Public Health Policy. 2009 Apr; 30 (1): 54-67. Inamata disease: catastrophic poisoning due to a failed public health response.
52. Anuario Minero 2004. Oswaldo Tovar, Alicia Polo, Walter E. Sánchez, Luis Arévalo Ordóñez. Dirección de Promoción y Desarrollo Minero. Editado por el Ministerio de Energía y Minas, Lima, Perú, 2005. Archivo electrónico accesado el 11/10/08 en: www.minem.gob.pe/archivos/dgm/publicaciones/pub_anuario2004/ANUARIO_2004.pdf.
53. Armo, Gutleb. Giant otter (*Pteronura brasiliensis*) at risk? Total mercury and methylmercury levels in fish and otter scats,

Prevención y Atención de Desastres en el Perú". Lima, Perú, del 22 al 23 de mayo de 2006. Accesado de www.comunidadandina.org/predecan/doc/ri/fortalec/MemTPer-I.pdf el 28/12/08.

55. Oswaldo Medina. Hacia un nuevo "modelo" que afronte la problemática minera sobre bases más equitativas y técnicas. 2007, Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico DD/07/18

56. José Alejandro Arana Cardó. Plan de uso recreativo de la Reserva Nacional Tambopata. Puerto Maldonado, diciembre 2006. www.profonanpe.org.pe/gpan/documentos/Gest_Proj/PUR_RNTAMB.pdf.

57. Miguel Rostagno Flores. Apuntes sobre la normatividad aplicable al manejo de residuos sólidos en actividades mineras. www.delapunte.net/admin/recursos/libros/mrf_mrm.pdf.

58. Plan concertado del Departamento de Madre de Dios. www.mesaconcertacion.org.pe/documentos.php?action=mostrar&id=306

59. IIAP. Propuesta de zonificación ecológica económica de la Región Madre de Dios. Versión corregida en base a los acuerdos de la asamblea regional sobre ZEE (14 de diciembre del 2001). Puerto Maldonado, febrero del 2002.

60. Cebrián García, Mariano E; Albores Medina, Arnulfo; Câmara, Volney de Magalhaes, *et al.* Epidemiología ambiental: un proyecto para América Latina y el Caribe. Metepec, ECO, 1994. pp. 97-151. Archivo electrónico accesado el 11/10/08 en: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=95797&indexSearch=ID>.