© Ministerio del Ambiente. Dirección General de Investigación e Información Ambiental
Memoria del Primer Encuentro de Investigadores Ambientales
12-13 de diciembre de 2012 (Iquitos, Perú)

PRESENCIA DE MERCURIO EN LA AMAZONÍA PERUANA, RÍO NAPO

MERCURY PRESENCE IN THE PERUVIAN AMAZON, NAPO RIVER

RENGIFO P. D. & REYES L. W.

Resumen

La investigación se enfoca en la problemática ambiental generada por el manejo inadecuado de materiales y residuos peligrosos provenientes de actividades mineras en la Amazonía. Nuestro propósito era identificar la presencia de mercurio en la población a partir del consumo de pescado, así como en agua y sedimentos del río Napo. La investigación es cuantitativa, diseño no experimental-transversal. El monitoreo se realizó en el río Napo-Loreto en cuatro estaciones, durante la vaciante (estiaje): Mazan, Nuevo Libertad, San Luis, Santa Clotilde. El método de análisis fue mediante espectrofotometría de absorción atómica, generador de hidruros.

Los análisis reportan que el contenido de mercurio en peces se encuentra entre 0,004-1,936 mg/kg, sin embargo en especies como Lisa y Sábalo, pasaron la concentración máxima permitida 1,0 mg/kg de mercurio según la FDA (Food and Drug Administration, EE. UU.). En el agua se hallaron valores entre 0,023- 0,027 mg/L, resultados que superan a lo establecido en los estándares nacionales (MINAM) (0,0001 mg/L de Hg). Inclusive superando lo reportado por DIGESA en octubre de 2003 y noviembre de 2010, cuyo reporte es 0,00002 mg/L de Hg, valores obtenidos de las estaciones antes mencionadas. En sedimentos se encontró que el 93,75% de muestras fueron mayores a 1,0 mg/ kg de mercurio, confirmando así la presencia importante de mercurio en niveles que exceden los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental. Por consiguiente, afirmamos que es necesario una rápida intervención, estricta vigilancia y una investigación exhaustiva de los cuerpos de agua para evitar continuar colocando en riesgo la salud de la población e identificar la fuente principal de contaminación de mercurio en la Amazonía.

Palabras claves: Mercurio, sábalos, toxicidad, calidad ambiental, río Napo.

Abstract

The research focuses on environmental problems caused by improper handling of hazardous materials and wastes from major mining activities in the Amazon. Our goal was to identify the presence of mercury in the population from fish consumption, as well as in water and sediments in the Napo river. The research is applied —descriptive, cross-sectional and not experimental design. Sampling was carried out in the river Napo,-Loreto at four stations, during low tide: Mazan, Nuevo Libertad, San Luis, and Santa Clotilde. Analysis was done by hydride generator atomic absorption spectrophotometry.

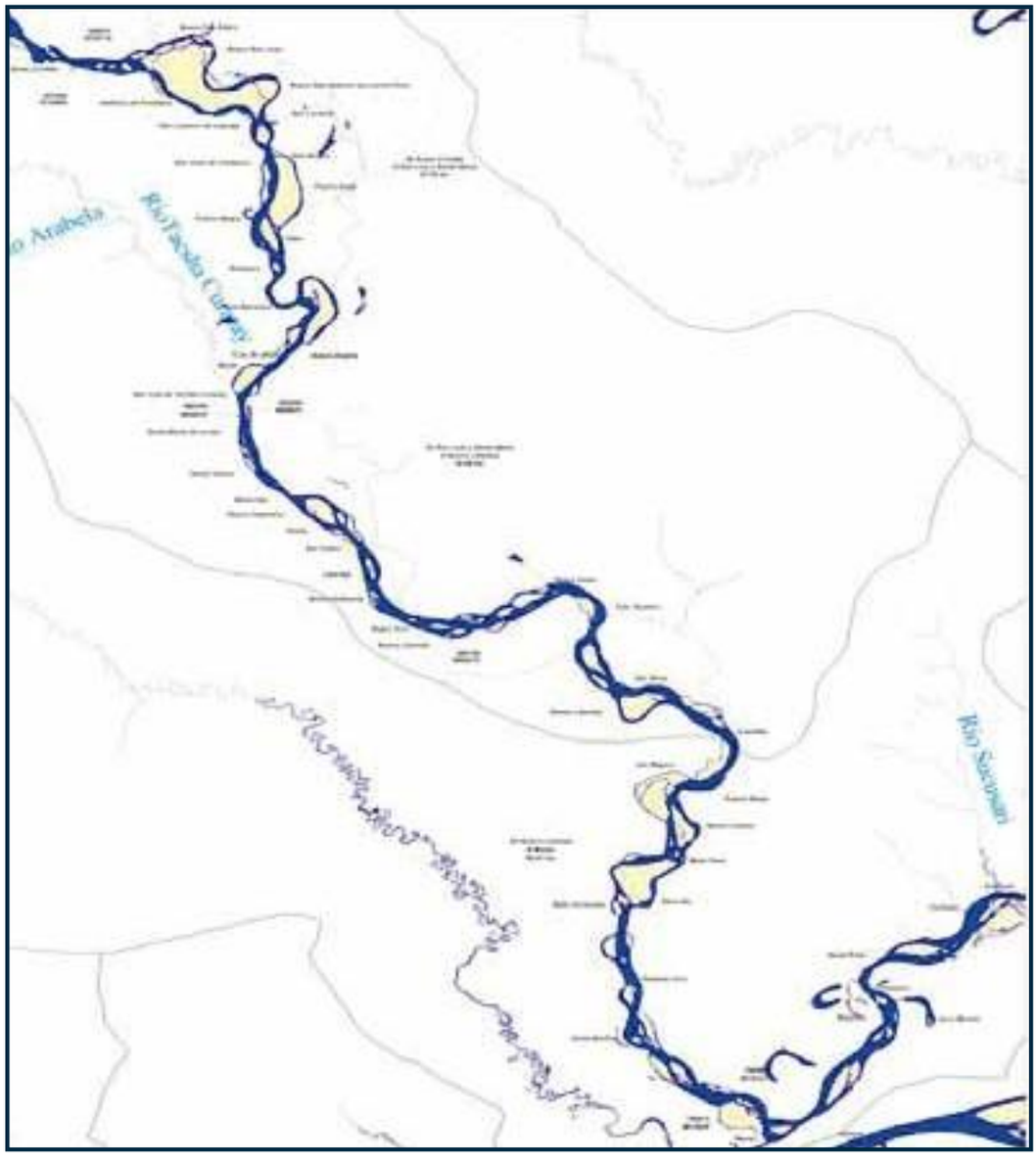
The analysis shows that the content of mercury in fish is between 0.004 and 1.936 mg/kg, however in the samples of Lisa and Shad species, concentrations exceeded USA Food and Drug Administration (FDA) allowed maximum of 1.0 mg/kg of mercury. Mercury content in the water was between 0.023 and 0.027 mg/L, results that exceed the National Standards (MINAM: 0.0001 mg/L of Hg). These results also exceed the concentrations reported by the General Directorate for Environmental Health (DIGESA) in October 2003 and November 2010 of 0.00002 mg/L of Hg, obtained at the aforementioned stations. In silts samples, mercury concentrations exceeded 1.0 mg/kg in 93.75% of samples, confirming a significant presence of mercury; levels that exceed the National Environmental Quality Standards. Consequently we affirm that quick intervention is necessary, including strict surveillance and an exhaustive investigation of the bodies of water, to avoid a continued risk to population health and to identify the main source of mercury contamination in the Amazon.

Keywords: Mercury, shad, toxicity, environmental quality, river Napo.

Introducción

En Loreto, se desarrollan dos actividades mineras importantes: la actividad de petróleo (exploración y extracción) y la actividad aurífera informal, que es realizada en forma artesanal utilizando dragas y cargadores frontales en la zona del Bajo Napo. La incertidumbre sobre la situación actual de estas actividades en lo que se refiere a nuestro ambiente y el impacto que ello puede estar ocasionando, nos motiva a investigar sobre la presencia de mercurio en las aguas, sedimentos y peces del río Napo, el que estaría en estado precipitado, acumulado y/o bioacumulado, lo cual constituye un riesgo muy alto para la vida y la salud humana de esta zona, considerando los graves efectos tóxicos que produce el mercurio y que son en gran medida irreversibles.

Los metales pesados son considerados los contaminantes más problemáticos de los ecosistemas acuáticos, siendo una de las razones su capacidad para formar complejos con la materia orgánica presente tanto en el agua como en los sedimentos y por la tendencia de es- tos elementos metálicos de fijarse en los tejidos de los organismos expuestos. Los metales pesados en aguas naturales pueden existir en la forma de iones libres, unidos a carbonatos solubles, sulfuros, hidróxidos, cloruros o sulfatos y como complejos solubles con ligandos orgánicos. Sin embargo, la contaminación del agua puede ser de múltiples formas, según la procedencia de los desechos: por sedimentos, materia orgánica, biocidas, metales pesados y otros elementos tóxicos que provocan distintos grados de impactos sobre las características físicoquímicas propias del agua, sobre la flora, la fauna y el hombre. Investigaciones reportan que en la



Mapa 1: Monitoreo Mazan-Santa Clotilde, río Napo.

extracción aurífera, la mediana minería arroja tres toneladas de mercurio anual; la pequeña minería arroja otro tanto, en total seis toneladas anuales, equivalente a 24 kilos de mercurio por kilómetro cuadrado de río. Esta es la cantidad de mercurio que se introduce a las aguas amazónicas cada año. Durante el proceso de separación, el mercurio se evapora y estos vapores generan una contaminación directa en los trabajadores; otra parte es depositada en las aguas, ingresando así en la cadena trófica y llegando a la población. Reportes existentes indican que el mercurio está presente especialmente en peces, en concentraciones perjudiciales para los seres humanos y en la flora y fauna silvestres. Tales niveles han ocasionado que en algunos países se formulen recomendaciones sobre el consumo de pescado, sobre todo los subgrupos vulnerables (como mujeres embarazadas y niños) reduzca o evite el consumo de ciertos tipos de pescado provenientes de distintas aguas. No es probable que el consumo moderado de pescado (con niveles bajos de mercurio) ocasione exposiciones de consideración. En cambio, la población que consume grandes cantidades de pescado contaminado puede quedar muy expuesta al mercurio y, por consiguiente, se encuentra en riesgo. La investigación es de tipo cuantitativa, diseño no experimental-transversal, cuyo propósito es generar conocimientos sobre el estado actual del ecosistema y sobre la existencia de riesgo en esta parte de la Amazonía, lo que nos llevara a mejorar las condiciones de vida de esta zona Amazónica (Mazan, Nuevo Libertad, San Luis y Santa Clotilde). (Véase Mapa 1).

La evaluación de mercurio en las tres matrices consideradas para el estudio se realizó en base al método de la AOAC. método 977.15, y luego analizados por espectrofotometría de absorción atómica, acoplado a un generador de hidruros.

TABLA 1
CONCENTRACIÓN DE HG MG/L. EN AGUAS—ZONAS ESTRATIFICADAS. MARGEN DERECHO, MEDIO E IZQUIERDO Y NIVELES DE PROFUNDIDAD EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO

UBICACIÓN	MARGEN DERECHO (2µ)		MARGEN MEDIO		MARGEN IZQUIERDO	
Área	70 cm	30 cm	30 cm	100 cm	30 cm	70 cm
Mazan	0,025	0,023	0,024	0,024	0,023	0,025
Nvo. Libertad	0,026	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023
San Luis	0,023	0,024	*	0,022	0,025	0,024
Sta. Clotilde	0,023	0,024	*	0,023	0,025	0,027

Resultados de la Investigación

Se tomaron un total de veinticuatro muestras de agua, dieciséis muestras de sedimento y trece muestras de músculo dorsal de peces, pertenecientes a tres especies representantes de dos niveles tróficos: omnívoros y detrívoros. El presente trabajo revela el estado de contaminación por mercurio de la cuenca del Bajo Napo a través de la estimación de las concentraciones de mercurio, teniendo a los tres mejores indicadores de calidad de un ecosistema.

Los análisis reportan que el contenido de mercurio en peces se encuentra entre 0,004-1,936 mg/kg, siendo su valor promedio 0,607mg/kg; sin embargo las muestras de peces de las especies Lisa (F-8) y Sábalo (F-13, F-16), sobrepasaron el límite permisible de concentración máxima de 1,0 mg/kg de mercurio) establecido por la FDA (Food and Drug Administration) de los Estados Unidos de América. (Figura 1).

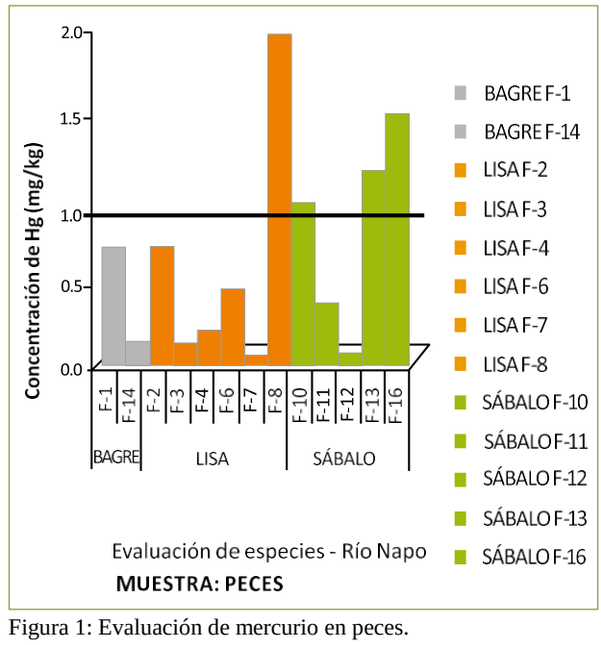


Figura 1: Evaluación de mercurio en peces.

Si deseamos calcular la cantidad de Hg líquido que puede ser retenida únicamente en el tracto gastrointestinal por año obtenemos el siguiente resultado:

El promedio de consumo mensual de pescado en el ámbito local se encuentra entre 15 a 20 kg de pescado por mes. 17.500g x 0,607µg Hg/g = 10.622,5 µg Hg mensualmente y 127.470 µg Hg al año. La retención de mercurio por el consumo de pescado está por determinarse. Sin embargo por consumo de Mercurio líquido la retención es del 0,01% en el tracto gastrointestinal. Si en el tracto gastrointestinal se retiene el 0,01% del consumo de pescado tenemos que: 127.470 µg Hg anual x 0,01% = 12.747 µg Hg retenidas anualmente lo que excede a lo permisible por la Organización Mundial de

la Salud (OMS) de 0,0014 µg de Hg anual. Según Megler Donna (Magos y Clarkson, 1972: 5).

En las muestras de agua obtenida en las estaciones a diferentes niveles de profundidad el contenido de mercurio se encuentra entre 0,023-0,027 mg/l, siendo su valor promedio 0,024 mg/l, superando a lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (Mercader, F. *et al*., 2006: 3) N.° 002.2008-minam (0,0001 mg/L de Hg), para los cuerpos de agua catalogados en la categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático (Selva), Aguas de preservación de fauna acuá- tica y pesca recreativa o comercial.

Inclusive superando al reporte de la digesa, en Informe N.° 3527-06, 3527-07, 3527-12(2003) y N.° 3935 (2010), cuyo reporte es 0,00002 mg/L de Hg, valores obtenidos de puntos de muestreos de Santa Clotilde, San Luis y Mazan, en la cuenca del rio Napo. Ver (Tabla 1).

Sin embargo, del resultado de análisis del sedimento, podemos observar que en la Figura 2, el contenido de Hg en la estación Santa Clotilde sobrepasa los valores permisibles notándose una homogeneidad de contenidos en diferentes puntos de muestreo, lo que puede estarnos avisando de la cercanía a la zona donde operan las dragas o mineras informales. Se repite el comportamiento en menor homogeneidad en la estación San Luis y así sucesivamente.

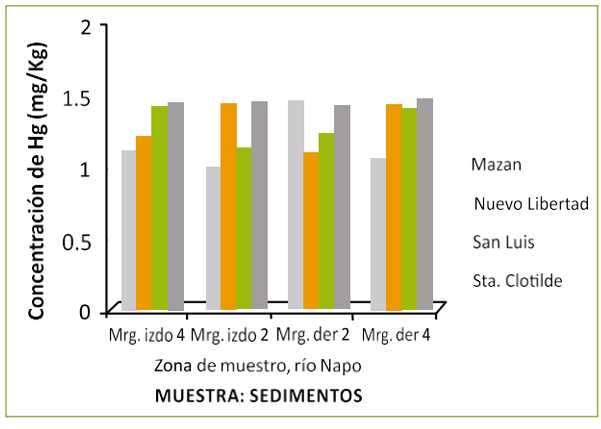


Figura 2: Concentración de Hg mg/l. en sedimentos.

Asimismo, se observa el nivel de mercurio superior al límite permisible. Es decir, valores mayores a 1,0 mg/ kg de Hg son aún más notables. Así también podemos destacar que el 93,75% de muestras fueron mayores. Los estudios muestran que dependiendo de la descarga de Hg y de la dinámica del ecosistema, el mercurio en los sedimentos puede estar presente en concentraciones altas o disperso en un área amplia (Olivero Solano, 1998: 6).

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en los análisis en sedimentos.

TABLA 2
CONTENIDO DE MERCURIO EN SEDIMENTOS EN MG/KG

ÁREAS	MAZAN	NUEVO LIBERTAD	SAN LUIS	SANTA CLOTILDE
Margen izquierdo 4	1,1234	1,1936	1,4200	1,4485
Margen izquierdo 2	0,9979	1,4601	1,1300	1,4698
Margen derecho 2	1,4726	1,1233	1,2399	1,4464
Margen derecho 4	1,0511	1,4491	1,3944	1,4730

Los valores máximos de las concentraciones de mercurio (1,47mg/kg), fueron encontrados a cuatro metros de la orilla del margen derecho del área de Santa Clotilde y a dos metros de la orilla del margen derecho de Mazan respectivamente. Siendo el margen derecho el área de mayor concentración de mercurio en esta zona. Similar concentración de mercurio (1469mg/ kg) se encontró a dos metros de la orilla del margen izquierdo de Santa Clotilde, área que predomina la concentración de mercurio en valores relativamente mayores de 1,40 mg/kg tanto para el margen izquierdo como para el margen derecho, ambos márgenes a diferentes distancias de cuatro y dos metros de la orilla respectiva. En las áreas de San Luis y Nuevo Libertad las concentraciones de mercurio se mantuvieron relativamente constantes.

Alcance del trabajo, relevancia del resultado y su aporte a la realidad nacional, regional o local

La investigación de acuerdo a su alcance es cuantitativa-aplicada y de tipo descriptiva porque recolecto, midió y evaluó datos buscando encontrar los resultados más cercanos a lo real, pero no es preciso porque es un estudio transversal por realizarse en un solo momento la recolección de datos. Sin embargo los resultados consideramos relevantes pues a pesar que no fueron realiza- dos por una institución acreditada, se aplicaron las buenas prácticas de laboratorio y con la aplicación del control de calidad en los diferentes procesos y etapas durante la obtención de los resultados, la repetibilidad podrá ser probada y validada porque la recolección de datos fue georeferenciado.

Nuestro aporte, es haber obtenido resultados que confirman la presencia de mercurio en la zona elegida para la investigación, lo que es considerado un estudio preliminar de un problema poco conocido y que posteriormente puede desarrollarse una investigación descriptiva más profunda.

Así mismo pensamos que es necesario la creación de una institución en la región que brinde servicios de análisis acreditados a nivel regional y local, conformada por socios estratégicos involucrados a la investigación y conservación de los recursos naturales cuya función sea el monitoreo y la vigilancia permanente efectiva a nuestros recursos naturales.

Conclusiones

De esta manera concluimos que las concentraciones de mercurio (Hg) en las estaciones monitoreadas, son mayores a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental por lo que urge una evaluación de mayor amplitud, teniendo en cuenta otros bioindicadores (cabello, sangre, orina) que nos confirme la presencia de este elemento toxico en la cadena alimenticia, e identificar su inclusión en el ecosistema, es más nos brinde la oportunidad de diseñar, proponer y ejecutar estrategias de vigilancia en nuestros ríos amazónicos, puestos en riesgo por el desarrollo de la actividad antropológica y tal vez de la misma naturaleza. Es posible que las prácticas del pasado continúen dejando un legado de mercurio como depósito en nuestros ríos, los que podrían ser liberados por remoción, fenómenos naturales o definitivamente la tala o remoción forestal.

En resumen inferenciamos que los desechos de la minería y los emplazamientos, provocaron que peces, agua y sedimentos se encuentren contaminados de mercurio en la zona del río Napo, confirmado por la presencia de altas concentraciones de mercurio inorgánico encontradas en el 100% de muestras de agua, ligeramente elevados en peces (23%) y en el 93% de sedimentos; solo una investigación descriptiva más profunda, podría darnos la confirmación sobre su origen, lo que nos permitirá sindicar responsables. Los resultados obtenidos del estudio en cuanto a concentración de Hg en peces, es alarmante por encontrarse por sobre los límites permisibles y si a esto sumamos el fenómeno de bioacumulación y biomagnificación aumenta aún más nuestra posibilidad de estar contribuyendo a que toda esta comunidad se encuentre en constante riesgo y progresivo aumento del daño irreversible.

Vertido al río de materiales de dragado como el mercurio pueden producir efectos indeseables debido a la resuspensión y sedimentación de grandes volúmenes de sedimento, causando gran turbidez y produciendo la muerte o el aplastamiento de la fauna bentónica, y a largo plazo alteraciones en la textura del fondo y en las condiciones hidrodinámicas de la zona.

Es necesario normalizar y hacer cumplir leyes, normas y reglamentos, que ya están establecidas y que únicamente requieren una revisión y su implementación para poder gozar y dejar un ambiente natural, protegido y seguro a nuestra descendencia.

Referencias

Álvarez, J. (2003) *La guerra contra las dragas asesinas del nanay: ¿la batalla final?* Iquitos-Perú. Edi. 87. (abril-diciembre). <jalvarez@iiap.org.pe>.

AOAC (1978) Official Method 977.15 Mercury in Fish. Alternative Flameless Atomic Absorption Spectrophotometric Method, First Action 1977, Final Action.

Ávila, P. (1995) Evaluación de los metales pesados Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb y Hg en agua, sedimento y lirio acuático (*Eichhorniacrassipes*) de la Presa José Antonio Alzate. Tesis de Maestría. México. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Química, p. 102.

CIED (1993) *Medio ambiente*. Lima, 56 (45), setiembre.

Chapman, Water D. (1992) *Quality assessments.* Nueva York: unesco, who, unep, p. 585.

DIGESA (2003) Información sobre niveles de metales pesados del río Napo. Informe de ensayo N.° 3527 (19-11-2003). Fecha de muestreo 15 -11-2003, fecha de reporte 17-11-2003 e Informe N.° 3935-2010.

Hernández, R. S., Fernandez, C. y Baptista, P. (2003) *Metodología de la investigación*. (4.ª ed.). México: Mc Graw Hill.

King, J. *et al.* (2000). Sulfate-reducing bacteria methylate mercury at variables rates in pure culture and in marine sediments. *Appl. Envir. Microbiol,* 66(8): 2430-2437.

Magos y Clarkson (1972) Atomic Absorption Determination of Total, Inorganic and organic mercury in blood. J. Assoc. Offic. *Anal. Chem*, 55: 966-971.

Megler,D. (2005) *Contaminación en la cuenca del río Nanay por efecto de la actividad minera*. Institute des Sciences de l'Environment, Université du Québec, Montréal (uqam), <http://www.uqam.ca>

Mercader, F. *et al.* (2006) Validación de un nuevo método de preconcentración y medición de mercurio en sedimentos utilizando materiales So-Gel dopados con extractrantes sulfurados. México: Centro Nacional de Metrología. Dirección de Metrología de Materiales, División Materiales Metálicos. El Marqués, Qro. Simposio de Metrología. (oct. 25 al 27).

MINAM (2008) *El Peruano*. Norma legal establecida. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental N.° 002.

Morales, G. *et al.* (2002) Determinación de los niveles de contaminación por mercurio en la especie *Salmo Gairdnerie Irideus* y el cuerpo de agua de la laguna Suches, adyacente al lago Titicaca del departamento de la Paz. Laboratorio de Diagnóstico e Investigaciones en Salud, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas, umsa, vol X, diciembre. Bolivia.

Olivero, J. y Solano, B. (1998). Mercury in environmental samples from a waterbody contaminated by gold mining. Colombia-South América. *Sci. Total Environ*, 217(1-2): 83-89.

Pirrone, N. *et al.* (2001). EU Ambient Air Pollution by Mercury (Hg).PositionPaper. http://europa.eu.int/comm/environment/air/background.htm#mercury]. Office for Official Publications of the European Communities, Italy.

PNUMA (2002). *Evaluación mundial sobre el mercurio*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Ginebra, Suiza: pnuma-Productos Químicos, diciembre.

Ramirez, A. (2008). Intoxicación ocupacional por mercurio médico del trabajo. American College of Occupational and Environmental Medicine. An *Fact Med. P.* 69(1): 46-51.

Rasmussen, P. E., *et al*. (1998). Mercury in the Canadian environment: current research challenges. *Geoscience*, 25(1): 1-13.

SADIQ (1991). Sample weight and digestion temperature as critical factors in mercury determination in fish. *Bull Environ. Contam. Toxicol*, 47: 335-341.

Wade, M. *et al.* (1993). Environmental transformation of toxic metals. *Occup. Med*, 8(3): 574-601.

Watras, C., *et al.* (1998). Bioaccumulation of mercury in pelagic freshwater food webs. *Sci. Total Environ.*, 219(2-3): 183-208.