

Mercurio y salud en Madre de Dios, Perú

Mercury and health in Madre de Dios, Peru

Fernando Osoros Plenge¹, J. Antonio Grández Urbina², Jorge L. Fernández Luque²

RESUMEN

El mercurio constituye un elemento esencial para la extracción del oro por amalgamación en las zonas amazónicas de extracción aurífera informal, como lo es la región de Madre de Dios, en Perú.

La contaminación del agua de los ríos por el mercurio constituye un grave problema de salud pública para la región, debido a las consecuencias de su difusión en la cadena trófica alimentaria y su llegada final a seres humanos, pudiendo ocasionar intoxicación crónica inclusive intraútero; motivo por el cual embriones y fetos podrían ser contaminados de manera irreversible en forma temprana generando patologías neurológicas congénitas.

Palabras clave: Mercurio, Madre de Dios, intoxicación por mercurio.

ABSTRACT

Mercury is an essential element for extracting gold from river beds in illegal gold mining in Madre de Dios Region in Peru. Water pollution by mercury has become a very serious public health problem for this area, because of the dissemination of this metal in the food chain and being humans the final destination of mercury. Exposure to this element in pregnant women may lead to chronic mercury poisoning, and fetuses and embryos may become irreversibly affected, with the occurrence of congenital neurological disorders.

Key words: Mercury, Madre de Dios, mercury poisoning.

INTRODUCCIÓN

El mercurio es parte de la corteza terrestre, ha estado en el planeta tierra desde su formación, siguiendo un ciclo atmosférico natural cuyo equilibrio se ha visto perturbado por las actividades humanas o antropogénicas. Su uso se remonta a los tiempos de Hipócrates 400 a.c, tanto para fines medicinales como de naturaleza productiva, incrementándose a partir de la revolución industrial^{1,2,4}.

Las dos fuentes de contaminación por Hg, pueden ser naturales y por la actividad humana, también conocida como antropogénica, siendo esta última en la actualidad la fuente de contaminación².

El mercurio existe en diferentes estados de oxidación y puede formar un número variado de compuestos orgánicos^{3,4}.

Sus tres formas primarias conocidas son:

1. Hg elemental o metálico (0+).
2. Compuestos inorgánicos mercuriosos (1+) y mercúricos (2+).
3. Compuestos orgánicos como el alquilo, fenilo, que se unen en enlace covalente a un átomo de C.

Su forma más frecuente en la naturaleza es como cinabrio, mineral compuesto de sulfato mercúrico (HgS). El mercurio asociado al azufre es relativamente estable a los agentes atmosféricos (CO₂, O₂ y H₂O) y difícilmente ingresa las cadenas tróficas alimenticias de manera significativa^{1,3}.

El mercurio o azogue (Hg⁰⁺) es un metal líquido blanco-plateado, volátil a temperatura ambiente debido a su alta presión de vapor, convirtiéndolo en un contaminante óptimo por su capacidad para generar reacciones químicas en las que pueden participar microorganismos que lo utilizan en sus procesos energéticos, incorporándolas al medio ambiente en una transición de compuestos inorgánicos a orgánicos^{2,5-8}.

La principal fuente de ingreso de Hg hacia las cadenas tróficas alimenticias en la región de Madre de Dios que finalmente debe afectar en su conjunto a la población de esta región es el mercurio metálico o Hg⁰⁺ que llega al aire en forma de vapor y que luego precipita, o aquel que es vertido directamente a los suelos y cuerpos de agua, permitiendo la formación de metilmercurio o CH₃Hg⁺ (MeHg) un compuesto organometálico de Hg altamente liposoluble y tóxico capaz de circular a través de las membranas celulares y de allí a delicados sistemas enzimáticos de la célula humana misma^{2,5-9}.

El mercurio metálico o Hg⁰⁺, es producido por el tostamiento del cinabrio o HgS a temperaturas superiores a los 300 grados Celsius. Históricamente los productores más asiduos hasta hace muy poco de este veneno han sido la ex Unión Soviética, España y China. En 1988 la producción se estimaba en 8 000 toneladas por año. Para el 2000 había descendido a 1800^{1,10-12} y España exportaba aproximadamente 1 100 toneladas por año^{13,14}. En el 2006 la producción mundial de mercurio estimada revisada era de 1 480 toneladas con China a la cabeza¹⁵.

Esta forma de mercurio metálico o elemental se ha vuelto de uso intensivo en las zonas de minería aurífera de la Amazonía y Madre de Dios en Perú, no es la excepción.

Así, en el Perú, “cerca de 1 millón de los 28 millones de peruanos están ligados a la minería artesanal de oro”¹⁶, mientras que en Madre de Dios unos 50 000 mineros

1. Médico Investigador Enfermedades Infecciosas y Tropicales Mg. Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas (INICIB), Docente Facultad Medicina Universidad Ricardo Palma. (FAMURP). Consultor en Ecosalud.

2. Discente de la FAMURP, investigador junior adscrito al Instituto de Investigaciones en Ciencias Biomédicas (INICIB).

y no menos de 250 000 personas viven del oro extraído informalmente¹⁷. Tanto adultos de ambos sexos como niños están vinculados directamente al trabajo extractivo en todas sus etapas^{2,17}.

Se estima que la proporción Hg⁰⁺ usado/oro producido es igual a 1¹⁸, por ello al menos 1 gr de mercurio metálico es utilizado para obtener 1 gr de oro². No se sabe con exactitud, pero considerando la producción del oro de la región de Madre de Dios, en promedio aproximadamente unas 10 a 12 toneladas por año de mercurio metálico han sido liberadas al medio ambiente en los últimos años en esta región, teniendo como destino final la gran cuenca del río Madre de Dios en Perú o Madeiras en Brasil y que finalmente desemboca al río Amazonas^{2,18,19}.

“Durante la década de 1980, Brasil se clasificó como el primer país productor de oro de Sudamérica, con una producción anual de aproximadamente 100 a 200 toneladas, en los últimos 20 años (entre 70% y 90% del oro vino de la prospección artesanal o garimpo). En seguimiento a Brasil estuvieron los países Colombia, Venezuela, Perú y Bolivia. Aproximadamente de 2 a 3 mil toneladas de Hg fueron lanzados en el medio ambiente de la Amazonia Brasileña en los últimos 20 años”²⁰.

SER HUMANO Y MERCURIO:

Todas las formas de Hg se transforman en Hg²⁺ en el agua por reacción con O₂. Además existe Hg²⁺ de su propia incorporación por el ciclo del agua.

El Hg²⁺ se metila en cuerpos de aguas marinas, estuarios, lagunas, ríos, entre otros, bien por metilación aeróbica o por metilación anaerobia de especies de bacterias.

Especies de pseudomonas son capaces de reducir las formas oxidadas de Hg²⁺ a Hg⁰, en un proceso anaeróbico que genera su sedimentación.

Los humanos estamos expuestos al mercurio mediante diferentes rutas y de diferentes formas. La población en general está principalmente expuesta por amalgamas dentales, vapores ambientales y los alimentos de la dieta^{1,2,3,4}. Es decir que las tres vías principales de envenenamiento por Hg son la inhalatoria, oral y dérmica/mucosa.

La OMS considera aceptable una concentración en el agua de 0,001 mg/L y una ingesta semanal tolerable de 5 µg/kg de Hg total y 3,3 µg/kg de MeHg^{10,21}.

Se consideran niveles normales de Hg en sangre los inferiores a 10 µg/l y en orina de 20 µg/l^{22,23}.

En el 2004 el Comité de Expertos en Aditivos de Comida (JECFA) estableció una ingesta tolerable de 1,6 µg/kg del peso corporal por semana de metilmercurio con fines de proteger la aparición de efectos neurológicos en el feto²⁴. En el 2006, JECFA aclaró que otros estadios de la vida que no sean el embrionario ni fetal van a tener una menor sensibilidad a los efectos adversos del metilmercurio²⁵.

Para adultos, el doble de la dosis de ingesta tolerable por semana no presentaría ningún riesgo de neurotoxicidad²⁶.

“La toxicidad de mercurio depende de su forma química y, por lo tanto, de las fuentes de exposición”²

En teoría el mercurio metálico o Hg⁰⁺ en su forma líquida no suele plantear un problema en el ingreso de mercurio a los humanos, sin embargo cuando éste se vaporiza por acción de la temperatura puede provocar cuadros de neumonía intersticial, además de atravesar la barrera hematogaseosa para llegar principalmente al sistema nervioso central donde se aloja^{27,28}.

El compuesto orgánico de mercurio conocido como metilmercurio es sumamente tóxico y tal vez la forma más peligrosa de este veneno, se concentra en los alimentos, especialmente pescados, tanto de agua salada como dulce, mariscos y otros comestibles vegetales y animales de la cadena trófica alimenticia; pasa con suma facilidad a través del epitelio digestivo y de allí las membranas biológicas de los demás tejidos del organismo para afectar importantes vías enzimáticas.

Los riñones y cerebros en el adulto son los principales puntos de concentración, el feto y los recién nacidos son sumamente sensible al metilmercurio^{21,29}, en especial su SNC. En los seres humanos, el MeHg tiene en promedio una vida biológica media de 70 días en todo el cuerpo³⁰.

Hay que destacar, que dentro de las cadenas tróficas, el mercurio sufre procesos de bioconcentración, principalmente en los animales marinos y en ciertos productos vegetales, lo que hay que tener muy en cuenta como fuente de contaminación y envenenamiento humano por biomagnificación^{31,32}.

Las dos principales actividades antropogénicas que favorecerían la contaminación mercurial, bioconcentración y biomagnificación de manera significativa tanto a nivel focalizado como sistémico en Madre de Dios y su población humana, serían a la luz de las sólidas evidencias científicas la minería aluvial y el manejo forestal no sostenible de los bosques^{20,33-36}. Ver Figura 1, 2, 3.

LA ENFERMEDAD MERCURIAL

La Enfermedad de Minamata descrita por primera vez al mundo, en la ciudad de Minamata, Prefectura de Kumamoto, Japón, en 1956, constituye el caso epidémico icono de intoxicación humana masiva por mercurio orgánico a través de la cadena alimentaria³⁷. La segunda epidemia de la Enfermedad de Minamata se registró a lo largo del río Agano, Niigata, Japón³⁸.

Alteraciones sensoriales, reducción del campo visual, trastornos de coordinación, disartria, alteración auditiva y temblor son algunos de los síntomas más frecuentes en esta enfermedad³³. La intoxicación transplacentaria del feto es uno de los aspectos más temibles generando Enfermedad de Minamata Congénita mostrando retraso mental, reflejos primitivos, trastornos de coordinación, disartria, deformación de las extremidades, trastorno de crecimiento, corea y movimientos atetósicos e hipersalivación³⁹.

En neonatos la tasa de mortalidad es elevada y se relaciona de manera directa con la tasa de madres contaminadas⁴⁰.



Figura 1. Ciclo del mercurio en la naturaleza, Figura 2 y 3: Actividad minera informal con alteración del ciclo natural del mercurio.

A su vez la dieta por vía materna contaminada con niveles tóxicos de metilmercurio derivan en déficit neuropsicológicos en el futuro individuo durante su exposición como feto⁴¹.

DIAGNÓSTICO POR INTOXICACIÓN MERCURIAL

La relación entre la concentración sanguínea de MeHg se correlaciona con la concentración de mercurio que se fija en el cabello durante la formación del pelo humano y es con frecuencia utilizado como un excelente marcador biológico para evaluar la exposición MeHg^{42,43}. Aproximadamente el 80% del Hg contenido en el pelo es MeHg⁴⁴.

En general, la concentración de mercurio en el cabello es de 250 a 300 veces mayor que en la sangre, debido a que contienen azufre las proteínas se unen en el pelo con el mercurio⁴⁵.

La concentración en sangre es generalmente un indicador adecuado de la dosis aguda absorbida y la cantidad sistémica disponible de Hg y MeHg⁴⁶.

Además, la concentración de mercurio en la sangre del cordón umbilical o en el cordón umbilical es también un buen biomarcador para evaluar la exposición MeHg del feto, que se vuelve susceptible a la toxicidad en el Meg al momento del nacimiento⁴⁶.

La principal forma de mercurio en la orina es inorgánica. La concentración de mercurio en la orina aumenta con mayores cantidades de mercurio inorgánico acumulado en el riñón⁴⁷.

ASPECTOS RELEVANTES FINALES

La intoxicación con mercurio produce efectos tóxicos debido a la exposición aguda y crónica, causando alteraciones pulmonares y gastrointestinales, daño renal, así como, alteraciones reversibles e irreversibles a nivel del SNC dependiendo de la edad del sujeto. El binomio madre- niño es altamente susceptible.

Existe una inminente contaminación por mercurio en el agua, peces y otros comestibles por la población debido a la extracción de oro informal y deforestación en las zonas mineras de Madre de Dios, sin embargo no se encuentran patrones epidemiológicos similares a la enfermedad de Minamata, por lo que su efecto focal y sistémico sobre la cuenca amazónica y la salud pública requiere de estudios metodológicamente más sólidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Estado actual de la toxicología del mercurio. M. Luisa Soria y Manuel Repetto. En Toxicología Avanzada. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid. 1995. ISBN 84-7978-201-3.
2. Fernando Osoreo Plenge, Manuel Humán Guerrero y Gustavo Grández Castillo. Intoxicación por mercurio en la region de Madre de Dios: un problema de salud pública. Rev Fac Med Hum URP. 2009; 9(2): 45- 52.
3. WHO. Inorganic mercury. Environmental Health Criteria 118. World Health Organization, Geneva, 1991. Clarkson, TW, Magos, L, Myers, GJ.
4. The toxicology of mercury--current exposures and clinical manifestations. N Engl J Med 2003; 349:1731.
5. Compeau, G.C., and Bartha, R., 1985, Sulfate-reducing bacteria: Principal methylators of mercury in anoxic estuarine sediment: Applied and Environmental Microbiology, 1985; 50(2):. 498-502.
6. Marvin-DiPasquale, M., Agee, J., McGowan, C., Oremland, R.S., Thomas, M., Krabbenhoft, D., and Gilmour, C., 2000, Methyl-mercury degradation pathways: A comparison among three mercury-impacted ecosystems: Environmental Science and Technology, v. 34, no. 23, p. 4908-4916.
7. Robinson, J.B., and Tuovinen, O.H., 1984, Mechanisms of microbial resistance and detoxification of mercury and

- organomercury compounds: Physiological, biochemical, and genetic analyses: *Microbiology Reviews*, v. 48, no. 2, p. 95-124.
8. Sellers, P., Kelly, C.A., Rudd, J.W.M., and MacHutchon, A.R., 1996, Photodegradation of methylmercury in lakes: *Nature*, v. 380, p. 694-696.
9. U.S. Geological Survey. Toxic Substances Hydrology Program. Methylmercury. <http://toxics.usgs.gov/definitions/methylmercury.html>.
10. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Evaluación mundial sobre el mercurio. Publicado por el PNUMA Productos Químicos Ginebra, Suiza 2002. Versión en español 2005. <http://www.chem.unep.ch/mercury/GMA%20in%20F%20and%20S/final-assessment-report-Nov05-Spanish.pdf> Acceso: 01/08/10.
11. España es el mayor productor del mundo y dejará de exportarlo a partir del 2011. Suplemento especial del diario La Verdad de España. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:SVyTLETL87AJ:servicios.laverdad.es/nuestratierra/nt01122006/suscr/nec2.htm+productores+de+mercurio+en+e+l+mundo&cd=3&hl=es&ct=clnk&source=www.google.com>.
12. Ebinghaus, R., Ebinghaus, R., Vasiliev, O. (Eds.), *Mercury contaminated sites: characterization, risk assessment and remediation*, Environmental Science Series. Springer, New York. 1999.
13. Mario Yarto Ramírez, Arturo Gavilán García y José Castro Díaz. La contaminación por mercurio en México. *Gaceta Ecológica del Instituto Nacional de Ecología de México*, 2004; N° 72: 21-34. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/539/53907202.pdf> Acceso: 01/12/10.
14. Plachy, J. en: *USGS Minerals Yearbook 1996: Volume I. -Metals and Minerals*. Washington 1997. <http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/commoditymercury/430496.pdf>.
15. Mercury: World Mine Production, By Country. United States Geological Survey Mineral Resources Program. http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/mercury/mercury_t5.html.
16. Humberto Campodónico. El lado oculto de la minería artesanal. *La Republica.pe*. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:blkshxf7haoJ:www.larepublica.com.pe/cristal-de-mira/10/04/2010/el-lado-oculto-de-la-mineria-artesanal+%E2%80%9Ccerca+de+1+mill%C3%B3n+de+los+28+millones+de+peruanos+est%C3%A1n+ligados+a+la+miner%C3%ADa+artesanal+de+oro+%E2%80%9D&cd=1&hl=es&ct=clnk&source=www.google.com> 10/04/2010.
17. Juana R. Kuramoto. La Minería Artesanal e Informal en el Perú. Grupo de Análisis para el Desarrollo. 2002 IIED and WBCSD. <http://pubs.iied.org/pdfs/G00731.pdf>.
18. Marcello M. Veiga1; Jennifer Hinton2, Cameron Lilly. Mercury in the Amazon: A Comprehensive Review with **Special** Emphasis on Bioaccumulation and Bioindicators. Proc. NIMD (National Institute for Minamata Disease) Forum'99. p. 19-39. Oct. 12-13, 1999, Minamata, Japan. http://www.facome.uqam.ca/pdf/veiga_03.pdf.
19. Salvador Tello. Situación actual de la pesca y la acuicultura en Madre de Dios. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Programa de Ecosistemas Acuáticos (PEA) 2002. <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PescaMDD.pdf>.
20. Evaluación de los estudios de la contaminación ambiental y humana con mercurio en la Amazonia y perspectivas. Olaf Malm Laboratorio de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, CCS, UFRJ, 21.949-900, Rio de Janeiro, Brasil. <http://www.gama-peru.org/jornada-hg/malm.pdf>.
21. WHO. Mercury. Environmental Health Criteria 1. Geneva: WHO, 1976.
22. SUE Y. Mercury. En: Goldfrank LR, Flomenbaum NE, Lewin NA, Weisman RS, Howland MA, Hoffman RS, editors. *Goldfrank's Toxicologic Emergencies*, 6ª edición. Stamford: Appleton and Lange, 1998: 1320-1331.
23. WHO: IPCS. Methylmercury, Environmental Health Criteria 101, Geneva, WHO (1990).
24. JECFA (2004) Methylmercury. In: Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Report of the 61st Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. WHO Technical Report Series 922 pp 132-139 http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_922.pdf.
25. JECFA (2006) Methylmercury. Summary and conclusions of the 67th Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. WHO Technical Report Series 940 . www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary67.pdf.
26. Ronchetti, R, Zuurbier, M, Jesenak, M, et al. Children's health and mercury exposure. *Acta Paediatr Suppl* 2006; 95:36.
27. The International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 118, Inorganic Mercury. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1991.
28. National Research Council. Toxicological Effects of Methylmercury. Washington, DC, USA: National Academy Press 2000.
29. Ninomiya T, Imamura K, Kuwahata M, Kindaichi M, Susa M, Ekino S. Reappraisal of somatosensory disorders in methylmercury poisoning. *Neurotoxicol Teratol*. 2005;27:643-653.
30. Shun'ichi Honda, Lars Hylander Mineshi Sakamoto. Recent Advances in Evaluation of Health Effects on Mercury with Special Reference to Methylmercury – A Minireview. *Environ. Health Prev. Med*. 2006; 11: 171-176.
31. WHO. Inorganic mercury. Environmental Health Criteria 118. World Health Organization, Geneva, 1991. Clarkson, TW, Magos, L, Myers, GJ.
32. Harada M: Neurotoxicity of methylmercury. Minamata and Amazon. In Yasui, M. et al (ed.): *Mineral and Metal Neurotoxicology*, CRC Press, Tokyo (1996) . pp177-188.
33. Contaminación de mercurio en el Amazonas. IDRC: Resources: Books: Reports http://www.idrc.ca/es/ev-5126-201-1-DO_TOPIC.html.
34. Contaminación en los andes y la amazonia. Efecto de los metales en el medio ambiente, la Salud y la sociedad. Coloquio Internacional. http://www.pieb.com.bo/met_pow.php.
35. Harada M, Nakachi S, Nakanishi J et al: Gold mining and mercury pollution in environment, Monitoring of Amazon basin (Brazil) and Victoria Lake (Tanzania). *Res. Environ. Disrupt*. 27(3):9-15 (1998).
36. Harada M: Neurotoxicity of methylmercury. Minamata and Amazon. In Yasui, M. et al (ed.): *Mineral and Metal Neurotoxicology*, pp177-188, CRC Press, Tokyo (1996).
37. Masazumi Harada. Minamata Disease and the Mercury Pollution of the Globe. Environmental Information Network for Asia and the Pacific. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xc-2ZLwfC5wJ:www.einap.org/envdis/Minamata.html+Minamata+Disease,+in+Polluted+Japan&cd=2&hl=es&ct=clnk&source=www.google.com>.
38. Harada M: Environmental contamination and human rights, Case of Minamata disease. *Ind. Environ. Crisis Q*, 1994; 8:141-154.

39. Harada M: Congenital Minamata disease, Intrauterine methylmercury poisoning. In John L. Sever: Teratogen Update, Environmental birth defects risks. 1986. New York, Alan R. Liss. pp123-126.
40. Otani, K., Ui, J., Minamata Disease, en Polluted Japan, ed. Por J. Ui., Jishu-Koza, Tokyo, 1972.
41. Ronchetti, R, Zuurbier, M, Jesenak, M, et al. Children's health and mercury exposure. Acta Paediatr Suppl 2006; 95:36.
42. Grandjean P, Weihe P, Nielsen JB. 1994. Methylmercury: significance of intrauterine and postnatal exposures. Clin Chem 40:1395-1400.
43. Pellizzari ED, Fernando R, Cramer GM, Meaburn GM, Bangerter K. 1999. Analysis of mercury in hair of EPA Region V population. J Expo Anal Environ Epidemiol 9:393-401.
44. Cernichiari E, Brewer R, Myers GJ, Marsh DO, Lapham LW, Cox C, et al. 1995. Monitoring methylmercury during pregnancy: maternal hair predicts fetal brain exposure. Neurotoxicology 16:705-710.
45. Gill US, Schwartz HM, Bigras L. 2002. Results of multiyear international interlaboratory comparison program for mercury in human hair. Arch Environ Contam Toxicol 43:466-472.
46. Philippe Grandjean, Esben Budtz-Jørgensen, Poul J. Jørgensen, and Pál Weihe. Umbilical Cord Mercury Concentration as Biomarker of Prenatal Exposure to Methylmercury. Environmental Health Perspectives 2005; 113 (7):905-908.
47. Working Group On Mercury. ambient air pollution by Mercury (Hg)- Position paper. European Communities, 2002. ISBN 92-894-4260-3.

CORRESPONDENCIA

Fernando Osoreo Plenge
fosores@gmail.com

Consulte las ediciones anteriores de la
Revista ACTA MÉDICA PERUANA en


www.scielo.org.pe


www.redalyc.vaemex.mx


www.sisbib.unmsm.edu.pe


www.latindex.unam.mx