

PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES MEDIANTE LA CREACIÓN DE AMBIENTES SALUDABLES

Efectos de la exposición al mercurio en la salud de las personas que viven en comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala

El Convenio de Minamata

En enero de 2013, muchos gobiernos aceptaron el texto jurídicamente vinculante del Convenio de Minamata sobre el mercurio.¹ El artículo 7 y el anexo C del Convenio abordan la minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE para abreviar).¹ En el anexo C se refiere a la preparación de planes nacionales acerca de la MAAPE, en particular una estrategia de salud pública que incluye la recopilación de datos de salud, capacitación del personal sanitario y sensibilización de los establecimientos sanitarios.

Uso del mercurio en la MAAPE

El mercurio se usa para separar el oro del mineral mediante la formación de una «amalgama», que es una mezcla de partes aproximadamente iguales de mercurio y oro.^{2,3} La amalgama se calienta, con lo cual el mercurio se evapora y queda el oro.² Este método de extracción se utiliza en la MAAPE porque es más barato que la mayor parte de las alternativas, puede usarlo una sola persona y es rápido y sencillo.³ A escala mundial, la MAAPE genera aproximadamente un 37% de las emisiones de mercurio y es la mayor fuente de contaminación del aire y el agua con este metal.⁴ Los vapores de mercurio presentes en el aire de los sitios cercanos al punto donde se calientan las amalgamas alcanzan concentraciones peligrosamente elevadas y casi siempre superan el límite fijado por la OMS para la exposición de las personas, que es de 1,0 µg/m³. Esos vapores afectan no solo a quienes practican la MAAPE, sino también a las comunidades aledañas a los centros de extracción.³ Los vapores de mercurio finalmente caen al suelo y el sedimento que llega a lagos, ríos, bahías y océanos se transforma en metilmercurio por acción de microorganismos anaerobios. En los cuerpos de agua, el metilmercurio es absorbido por el fitoplancton, ingerido por el zooplancton y finalmente por los peces, con lo cual contamina la cadena alimentaria. Se acumula sobre todo en especies depredadoras de vida prolongada, en particular el tiburón y el pez espada.^{3,5-8}

Lugares donde se practica la MAAPE

Aproximadamente 15 millones de personas, incluidos unos 3 millones de mujeres y niños, participan en el sector de la MAAPE en 70 países¹, que se encuentran principalmente en el este y el sureste de Asia, el África subsahariana y América Latina. También hay cierta actividad de este tipo en el sur de Asia, en la Comunidad de Estados Independientes (antiguas repúblicas soviéticas) y en otros países europeos.^{3,7}

Exposición al mercurio causada por la MAAPE

En una buena parte de la bibliografía sobre la exposición al mercurio en las comunidades donde se practica la MAAPE, los mineros y las comunidades afectadas por la MAAPE se examinan las concentraciones del metal en el pelo. Dichas concentraciones guardan relación con la ingestión de metilmercurio en los alimentos.⁸ La orina y la sangre son otros materiales orgánicos en que se mide la concentración de mercurio. Las concentraciones sanguíneas se relacionan con la exposición reciente o pasada y pueden representar la exposición tanto al mercurio elemental como al metilmercurio; por su parte, la concentración urinaria revela la exposición tanto al mercurio elemental como al inorgánico.^{8,9}

Las personas que viven en las comunidades donde se practica la MAAPE o en las cercanías generalmente están expuestas al pescado contaminado con metilmercurio o a los vapores de mercurio producidos al calentar la amalgama.³ La concentración urinaria en las personas que calientan el mercurio para separarlo del oro o que preparan la amalgama puede ser extraordinariamente elevada. En muchos de esos estudios¹⁰⁻¹⁷ se dan a conocer concentraciones urinarias muy por encima de los 50 µg de mercurio por gramo de creatinina, cifras que parecen obedecer a efectos tubulares renales,¹⁸ o de 100 µg de mercurio por gramo de creatinina, que coinciden con una probabilidad «elevada» de que aparezcan los signos neurales clásicos del envenenamiento por este metal¹⁹. Incluso en personas que simplemente viven en zonas donde se practica la MAAPE se han identificado concentraciones urinarias de mercurio superiores a los 100 µg de mercurio por gramo de creatinina, incluso en niños.^{15,20-22} En personas que viven corriente abajo de los sitios donde se practica la MAAPE se han comprobado concentraciones de mercurio en el pelo más de diez veces mayores que las vinculadas con la ingestión semanal tolerable provisional (ISTP) (2,5 µg/g).²³⁻²⁹ La ISTP para el metilmercurio fue establecida por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA).²⁸

Los efectos del mercurio en la salud

- El mercurio elemental y el metilmercurio producen efectos tóxicos en el sistema nervioso central y periférico. La inhalación de vapores de mercurio puede producir efectos nocivos sobre el sistema nervioso, el aparato digestivo, el sistema inmunitario, los pulmones y los riñones, y puede causar la muerte.⁵
- Los síntomas neurales incluyen retraso mental, crisis convulsivas, deficiencias visuales y auditivas, retraso del desarrollo, trastornos del lenguaje y pérdida de la memoria. Se ha informado de que la exposición crónica al mercurio en los niños causa un síndrome caracterizado por un enrojecimiento doloroso de las extremidades (acrodinia).^{5,8}

Efectos del mercurio sobre la salud de las comunidades donde se practica la MAAPE

En la bibliografía epidemiológica actual sobre los efectos de la exposición al mercurio en la salud de las comunidades donde se practica la MAAPE sobresalen tres estudios transversales en muchos países de tres regiones: América Latina, Asia y África. Los efectos principales examinados son los trastornos neurales, la disfunción renal, la toxicidad sobre el sistema inmunitario y los trastornos autoinmunitarios.

Trastornos y síntomas del sistema nervioso

- Varios estudios que examinaron a niños de comunidades donde se practica la MAAPE observaron asociaciones entre las concentraciones de mercurio y la exaltación de los reflejos miotáticos, falta de coordinación de los miembros inferiores, malos resultados en las pruebas de organización visual y espacial, y reducción de las funciones motoras, la atención, la sensibilidad visual a los contrastes y la destreza manual.^{17,30-32}
- Un estudio de niños filipinos que vivían cerca de una explotación aurífera confirmó considerables efectos negativos sobre el sistema nervioso.³³
- En un estudio reciente efectuado en Burkina Faso se comprobó que la prevalencia de síntomas como cefaleas frecuentes, trastornos del sueño, fatiga inusual, temblores y trastornos visuales estaba aumentada en las personas involucradas en el amalgamamiento del oro, el calentamiento de la amalgama o el trasiego y venta del oro.¹¹ Un estudio de mineros del oro en Ecuador reveló una asociación entre las concentraciones sanguíneas y urinarias de mercurio y el aumento de los temblores, el tiempo de reacción y la inestabilidad postural.¹⁰
- Los investigadores que realizaron un estudio en la cuenca del río Tapajos, en la Amazonia brasileña, diagnosticaron la enfermedad de Minamata en tres personas, y emitieron un diagnóstico de presunción de esta enfermedad en otras tres.³⁵

Disfunción renal

- La exposición a concentraciones elevadas de mercurio elemental se ha relacionado con efectos nocivos sobre los riñones.⁹ En dos estudios se observó una asociación entre las concentraciones de este metal y la disfunción renal o lesiones microscópicas de los riñones en habitantes de comunidades donde se practica la MAAPE.^{36,37}

Efectos tóxicos sobre el sistema inmunitario y trastorno autoinmunitario

- Cuatro estudios dieron a conocer una asociación entre la exposición al metilmercurio y trastornos autoinmunitarios en comunidades mineras de la Amazonia brasileña.³⁸⁻⁴¹

Alternativas al uso del mercurio en la minería aurífera

El uso de mercurio en la MAAPE puede suprimirse por completo o reducirse considerablemente. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha formulado las siguientes recomendaciones:

- Con el fin de reducir las emisiones de mercurio y la exposición a este, se deben suspender prácticas como el amalgamamiento del mineral, el calentamiento de la amalgama sin un sistema que atrape los vapores de mercurio o un crisol, y el tratamiento con cianuro de la escoria contaminada con mercurio.^{3,42}
- Con el fin de reducir las emisiones de mercurio y la exposición a este, pueden emplearse alternativas como el método por gravedad, la fundición directa y la filtración química sin riesgo.³

Conclusiones

La exposición al mercurio en las comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala (MAAPE) se acompaña de efectos nocivos sobre la salud como disfunción renal, trastornos autoinmunitarios y síntomas del sistema nervioso. Las concentraciones urinarias de mercurio en las comunidades donde se practica la MAAPE superan las que se han asociado con efectos nocivos neurales y renales. El pescado, fuente importante de proteínas de muchos grupos de población en las zonas donde se practica la MAAPE, está contaminado con mercurio según se desprende de las concentraciones de este

metal medidas en el pelo. Se ha informado de muchas concentraciones del mercurio en el pelo considerablemente mayores que la ISTP.

Para obtener más información acerca del mercurio:

http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury/en/index.html

Referencias

1. United Nations Environment Programme (UNEP). 2013a. The Negotiating Process. <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/Negotiations/tabid/3320/Default.aspx>
2. United Nations Environment Programme (UNEP). 2013b. Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013. Se puede consultar en: <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/Informationmaterials/ReportsandPublications/tabid/3593/Default.aspx>
3. United Nations Environment Programme (UNEP). 2012. Reducing Mercury Use in Artisanal and Small-Scale Gold Mining: A Practical Guide. Se puede consultar en: http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/Techdoc/UNEP%20Tech%20Doc%20APRIL%202012_120608b_web.pdf
4. United Nations Environment Programme (UNEP). 2013d. Mercury – Time to Act. Se puede consultar en:
5. World Health Organization (WHO). 2007. Exposure to Mercury: A Major Public Health Concern. Se puede consultar en: <http://www.who.int/ipcs/features/mercury.pdf>
6. ICPS. 1990. Methylmercury. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (Environmental Health Criteria 101). Se puede consultar en: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc101.htm>
7. United Nations Environment Programme (UNEP). 2013c. Global Mercury Assessment 2013 – Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. Se puede consultar en:
8. World Health Organization (WHO). 2008. Assessing the burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series No. 16.
9. WHO. 2003. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Concise International Chemical Assessment Document 50. <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>
10. Harari R, Harari F, Gerhardsson L, Lundh T, Skerfving S, Strömberg, Broberg K. 2012. Exposure and toxic effects of elemental mercury in gold-mining activities in Ecuador. *Toxicology Letters* 213:75-82.
11. Tomicic C, Vernez D, Belem T, Berode M. 2011. Human mercury exposure associated with small-scale gold mining in Burkina Faso. *Int Arch Occup Environ Health*. 84(5):539-46.
12. Steckling N, Boese-O'Reilly S, Gradel C, Gutschmidt K, Shinee E, Altangerel E, Badrakh B, Bonduush I, Surenjav U, Ferstl P, Roider G, Sakamoto M, Sepai O, Drasch G, Lettmeier B, Morton J, Jones K, Siebert U, Hornberg C. 2011. Mercury exposure in female artisanal small-scale gold miners (ASGM) in Mongolia: An analysis of human biomonitoring (HBM) data from 2008. *Science of the Total Environment* 409:994-1000.
13. Paruchuri Y, Siuniak A, Johnson N, Levin E, Mitchell K, Goodrich JM, Renne EP, Basu N. 2010. Occupational and environmental mercury exposure among small-scale gold miners in the Talensi–Nabdam District of Ghana's Upper East region. *Science of the Total Environment* 408:6079-6085.
14. Bose-O'Reilly S, Drasch G, Beinhoff C, Tesha A, Drasch K, Roider G, Taylor H, Appleton D, Siebert U. 2010a. Health assessment of artisanal gold miners in Tanzania. *Sci Total Environ* 408(4):796-805.

15. Bose-O'Reilly S, Drasch G, Beinhoff C, Rodrigues-Filho S, Roider G, Lettmeier B, Maydl S, Siebert U. 2010b. Health assessment of artisanal gold miners in Indonesia. *Sci Total Environ* 408(4):713-25.
16. Drake PL, Rojas M, Reh CM, Mueller CA, Jenkins FM. 2001. Occupational exposure to airborne mercury during gold mining operations near El Callao, Venezuela. *Int Arch Occup Environ Health* 74(3):206-12.
17. Bose-O'Reilly S, Lettmeier B, Gothe RM, Beinhoff C, Siebert U, Drasch G. 2008. Mercury as a serious health hazard for children in gold mining areas. *Environmental Research* 107:89-97.
18. WHO. 2000. Air Quality Guidelines for Europe. 2nd Edition. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud para Europa. Copenague.
http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf
19. WHO. 1991. Inorganic mercury. *Environmental Health Criteria* 118.
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc118.htm>
20. Oosthuizen MA, John J, Somerset V. 2010. Mercury exposure in a low-income community in South Africa. *South African Medical Journal* 100: 366-371.
21. Counter SA, Buchanan LH, Ortega F. 2005. Mercury levels in urine and hair of children in an Andean gold-mining settlement. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 11(2):132-7.
22. Tian L, Guo HF, Gao A, Lu XT, Li QY. 2009. Effects of mercury released from gold extraction by amalgamation on renal function and environment in Shanxi, China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 83(1):71-4.
23. Pinheiro MCN, Crespo-López ME, Vieira JLF, Oikawa T, Guimarães GA, Araújo CC, Amoras WW, Ribeiro DR, Herculano AM, do Nascimento JLM, Silveira LCL. 2007. Mercury pollution and childhood in Amazon riverside villages. *Environment International* 33 (2007) 56–61.
24. Barbosa AC, Silva SRL, Dórea JG. 1998. Concentration of Mercury in Hair of Indigenous Mothers and Infants from the Amazon Basin. *Archives. Environmental. Contamination and Toxicology.* 34:100–105.
25. Malm O, Branches FJP, Akagi H, Castro MB, Pfeiffer WC, Harada M, Bastos WR, Kato H. 1995. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós river basin, Brazil. *The Science of the Total Environment* 175:141-150.
26. Monroy SXL, Lopez RW, Roulet M, Benefice E. 2008. Lifestyle and mercury contamination of Amerindian populations along the Beni River (Lowland Bolivia). *Journal of Environmental Health* 71(4):44-50.
27. Fujimura M, Matsuyama A, Harvard JP, Bourdineaud JP, Nakamura K. 2012. Mercury Contamination in Humans in Upper Maroni, French Guiana Between 2004 and 2009. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 88:135–139.
28. FAO/WHO (Food and Agricultural Organization/World Health Organization) Joint Expert Committee on Food Additives. Sixty-first meeting. Rome, 10-19 June 2003.
http://www.who.int/foodsafety/chem/jecfa/summaries/en/summary_61.pdf
29. Bellanger M, Pichery C, Aerts D, Berglund M, Castaño A, Cejchanová M, Crettaz P, Davidson F, Esteban M, Fischer ME, Gurzau AE, Halzlova K, Katsonouri A, Knudsen LE, Kolossa-Gehring M, Koppen G, Ligočka D, Miklavčič A, Reis MF, Rudnai P, Tratnik JS, Weihe P, Budtz-Jørgensen E, Grandjean P; DEMO/COPHES. 2013. Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: monetary value of neurotoxicity prevention. *Environmental Health* 12(1):3.

30. Grandjean P, White RF, Nielsen A, Cleary D, de Oliveira Santos EC. 1999. Methylmercury neurotoxicity in Amazonian children downstream from gold mining. *Environ Health Perspect* 107(7):587-91.
31. Cordier S, Garel M, Mandereau L, Morcel H, Doineau P, Gosme-Sequet S, Josse D, White R, Amiel-Tison C. 2002. Neurodevelopmental investigations among methylmercury-exposed children in French Guiana. *Environ Res* 89(1):1-11.
32. Lebel J, Mergler D, Branches F, Lucotte M, Amorim M, Larribe F, Dolbec J. 1998. Neurotoxic effects of low-level methylmercury contamination in the Amazon Basin. *Environ Res* 79(1):20-32.
33. Akagi J, Castillo ES, Cortes-Maramba N, Francisco-Rivera AT, Timbang TD. 2000. Health assessment for mercury exposure among schoolchildren residing near a gold processing and refining plant in Apokon, Tagum, Davao del Norte, Philippines. *Sci Total Environ* 259(1-3):31-43.
34. Tomicic C, Vernez D, Belem T, Berode M, Belem T, Berode M. 2011. Human mercury exposure associated with small-scale gold mining in Burkina Faso. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 84:539–546.
35. Harada M, Nakanishi J, Yasoda E, Pinheiro MC, Oikawa T, de Assis Guimarães G et al. 2001. Mercury pollution in the Tapajos River basin, Amazon: mercury level of head hair and health effects. *Environ Int* 27(4):285-90.
36. Yard EE, Horton J, Schier JG, Caldwell K, Sanchez C, Lewis L, Gastañaga C. 2012. Mercury exposure among artisanal gold miners in Madre de Dios, Peru: A Cross-sectional study. *J Med Toxicol* 8(4):441-8.
37. Drake PL, Rojas M, Reh CM, Mueller CA, Jenkins FM. 2001. Occupational exposure to airborne mercury during gold mining operations near El Callao, Venezuela. *Int Arch Occup Environ Health* 74(3):206-12.
38. Nyland JF, Fillion M, Barbosa F Jr., Shirley DL, Chine C, Lemire M, Mergler D, Silbergeld EK. 2011. Biomarkers of methylmercury exposure immunotoxicity among fish consumers in Amazonian Brazil. *Environ Health Perspect* 119(12):1733-8.
39. Silva IA, Nyland JF, Gorman A, Perisse A, Ventura AM, Santos EC, Souza JM, Burek CL, Rose NR, Silbergeld EK. 2004. Mercury exposure, malaria, and serum antinuclear/antinucleolar antibodies in Amazon populations in Brazil: a cross-sectional study. *Environ Health* 3(1):11.
40. Gardner RM, Nyland JF, Silva IA, Ventura AM, De Souza JM, Silbergeld EK. 2010. Mercury exposure, serum antinuclear/antinucleolar antibodies, and serum cytokine levels in mining populations in Amazonian Brazil: a cross-sectional study. *Environ Res* 110(4):345-54.
41. Alves MF, Fraiji NA, Barbosa AC, De Lima DS, Souza JR, Dórea JG, Codeiro GW. 2006. Fish consumption, mercury exposure and serum antinuclear antibody in Amazonians. *Int J Environ Health Res* 16(4):255-62.
42. United Nations Environment Programme (UNEP). 2008. Module 3: Mercury Use in Artisanal and Small Scale Gold Mining. Se puede consultar en: http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/AwarenessPack/English/UNEP_Mod3_UK_Web.pdf

© **Organización Mundial de la Salud, 2013**

Reservados todos los derechos.

La Organización Mundial de la Salud ha adoptado todas las precauciones razonables para verificar la información que figura en la presente publicación, no obstante lo cual, el material publicado se distribuye sin garantía de ningún tipo, ni explícita ni implícita. El lector es responsable de la interpretación y el uso que haga de ese material, y en ningún caso la Organización Mundial de la Salud podrá ser considerada responsable de daño alguno causado por su utilización.

El Ministerio de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania facilitó apoyo económico para la elaboración del presente documento.

Salud Pública y Medio Ambiente

Organización Mundial de la Salud

20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza