

Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente

Impact of mercury on human health and the environment

Dra. Marisa Gaioli^a, Dr. Diego Amoedo^a y Bioquímico Daniel González^a

RESUMEN

El mercurio (Hg) es actualmente un contaminante de relevancia mundial. Es un importante tóxico ambiental con gran impacto sobre la salud humana ya que ocasiona daños irreversibles en el sistema nervioso central, principalmente en las etapas de mayor vulnerabilidad.

Los centros de salud contribuyen con un 4-5% del total de mercurio presente en aguas residuales. Por ello es importante generar conductas para disminuir su uso y luego lograr su eliminación. Las entidades internacionales, los gobiernos, las organizaciones no gubernamentales y los profesionales de la salud debemos apoyar todas las medidas que se adopten con este fin.

Palabras claves: mercurio, fuentes, exposición, prevención.

SUMMARY

Mercury (Hg) is currently considered a global pollutant. Mercury is a significant environmental toxin and has a huge impact on human health, causing irreversible damage to the central nervous system, especially in the most vulnerable stages of life.

Medical centers contribute to 4-5% of the total mercury present in drainage waters. Practices should be introduced to reduce mercury use with the aim of complete elimination.

International entities, governments, non-governmental organizations, and health professionals should support all measures taken to achieve this goal.

Key words: mercury, sources, exposition, prevention.

<http://dx.doi.org/10.5546/aap.2012.259>

INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la era industrial los niveles de mercurio (Hg) en el ambiente han aumentado considerablemente, hasta alcanzar concentraciones que afectan los ecosistemas y la salud humana.

El mercurio es un metal pesado, plateado, ubicuo y líquido a temperatura ambiente. En su forma pura se lo conoce como mercurio elemental (Hg⁰). Éste se volatiliza fácilmente formando vapores incoloros e inodoros.^{1,2}

Reseña histórica

El mercurio es utilizado por el hombre desde hace siglos como colorante para adornar tumbas (por lo llamativo del color rojo en su estado natural), como medicina para el tratamiento de la sífilis, como diurético y como catártico. Numerosos grupos étnicos lo han empleado con fines mágicos o religiosos.²⁻⁶

En cuanto a su repercusión sobre la salud humana cabe mencionar la intoxicación crónica y en masa por exposición a altas dosis de metilmercurio (MeHg) ocurrida en Japón, donde la Chisso Corporation, una empresa de fertilizantes, petroquímicos y plásticos, vertió toneladas de compuestos de mercurio en la bahía de Minamata entre 1932 y 1968. Esto propició la formación de MeHg (la forma más tóxica de este metal) y su paso a la cadena biótica a través de la bioacumulación y biomagnificación en los peces. Así, la población autóctona consumidora de pescados resultó afectada. Los recién nacidos desarrollaron lo que después se conoció como la Enfermedad de Minamata, caracterizada por trastornos del neurodesarrollo. La población adulta manifestó síntomas neurológicos: ataxia, temblores, trastornos cognitivos y neurosensoriales.^{2,3,7}

En la Argentina, en la década de 1980, un grupo de lactantes resultó expuesto al acetato de fenilmercurio por vía percutánea, debido a pañales de tela procesados con este derivado mercurial en lavanderías. Los pacientes presentaban: sudoración, irritabilidad, alteraciones gastrointestinales, insomnio, mareos, anorexia y fotofobia.⁸

a. Hospital Nacional de Pediatría "Prof. Dr. Juan P. Garrahan".

Correspondencia:
Dra. Marisa Gaioli:
mgaioli@gmail.com

Conflicto de intereses:
Ninguno que declarar.

Recibido: 26-12-2011
Aceptado: 11-01-2012

Fuentes de exposición

La atmósfera, el agua y el suelo son los receptores de las liberaciones de mercurio en el ambiente. Existen interacciones constantes entre estos compartimentos ambientales.

Además de las fuentes locales de liberación de mercurio (como la incineración de residuos o la combustión del carbono), las concentraciones generales de fondo en todo el mundo, contribuyen significativamente a la cantidad total de mercurio que se encuentra en muchos lugares.

Los ríos y océanos también actúan como medios de transporte del mercurio a grandes distancias. Por ejemplo, se han observado altos niveles de mercurio en el Ártico, muy lejos de las fuentes importantes de liberación.¹

Principales fuentes de liberación de mercurio

1. Fuentes naturales: liberaciones debidas a la movilización natural del mercurio tal como se encuentra en la corteza terrestre, como la actividad volcánica o la erosión de las rocas.

2. Liberaciones antropogénicas resultantes de la presencia de mercurio en materias primas como los combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo y otros minerales extraídos, tratados y reciclados). El 85% de las emisiones de Hg antropogénicas provienen de esta fuente. La absorción del mercurio por parte de las plantas puede explicar la presencia de Hg en los combustibles fósiles que se han formado por transformación geológica de residuos orgánicos.

También producen liberaciones las industrias cloroalcalinas de fabricación del papel, instrumental médico (termómetros, esfingomanómetros, bujías, amalgamas dentales), termostatos, lámparas fluorescentes, cementeras, faros de automóviles, tratamiento de desechos, vertederos, cremación y pinturas.

3. Antiguas liberaciones antropogénicas de Hg depositadas en suelos, sedimentos, agua, vertederos y acumulaciones de desechos, que pasan nuevamente a la atmósfera formando parte de los ciclos biológicos.^{1,2}

Los hospitales contribuyen en aproximadamente 4-5% del total de mercurio presente en las aguas residuales. La incineración de residuos médicos ocupa el cuarto lugar entre las principales fuentes de contaminación con mercurio.^{2,9}

En el agua y en el suelo, bacterias metanógenas, a través de un proceso de metilación, transforman el Hg⁰ en MeHg, la forma más tóxica de

este metal. Esta modificación lo hace más lipofílico, por lo cual se acumula fácilmente en la cadena trófica animal. El MeHg se une a las proteínas de las algas y del plancton. Los peces se alimentan de ellos. Cuando otros animales y el hombre ingieren estos peces contaminados, comienza el proceso de biomagnificación.^{1,2} Así, la dieta constituye la principal fuente de exposición para el hombre.

En el 2001, el organismo federal de control de fármacos y alimentos de EE.UU. (*Food and Drug Administration*, FDA) advirtió a las embarazadas, a las mujeres con deseos de procrear, a las que se encuentren amamantando y a los niños pequeños que se abstengan de consumir peces como caballa, atún, tiburón y pez sierra entre otras especies.

La dosis máxima de referencia de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (USEPA por su sigla en inglés) para el MeHg presente en los alimentos es de 0,1 µg/kg/día.^{2,10}

Formas químicas: especiación del mercurio

A las diversas formas del mercurio existentes se las conoce como especies. La especiación desempeña un papel importante en la toxicidad y exposición al mercurio de organismos vivos.

La especie influye en los siguientes aspectos:

- La disponibilidad física, que determina el impacto de la exposición.
- Distribución en los tejidos (a mayor liposolubilidad, mayor capacidad para atravesar las barreras biológicas).
- Su toxicidad.
- Su acumulación, biomodificación y excreción.
- Su biomagnificación.

El nivel de toxicidad en seres humanos varía según la forma química, la concentración, y la duración, la vía y la ventana de vulnerabilidad en el momento de la exposición.^{2,4}

El *mercurio inorgánico* es un elemento constitutivo de la tierra. La mayoría de los compuestos inorgánicos de Hg son polvos o cristales blancos. Puede encontrarse en cosméticos, antisépticos, antibacterianos, diuréticos y catárticos, en detonadores de explosivos y pigmentos de pinturas.

Cuando el mercurio se combina con carbono se forman los *compuestos orgánicos* como el Etil-Hg, DimetilHg, MeHg. Este último es, como ya se mencionó, la forma conocida más tóxica para el ser humano, siendo el pescado y los mariscos las mayores fuentes de exposición en este estado.^{2,3}

EFFECTOS SOBRE LA SALUD

1. Compuestos inorgánicos

Absorción y metabolismo

El vapor de Hg^0 se absorbe rápidamente en los pulmones (75-85% de la dosis inhalada). En forma líquida o vapor apenas se absorbe por la vía gastrointestinal (0,01%). Por su gran liposolubilidad se difunde a los tejidos atravesando fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta.

El Hg^0 se oxida a ion mercuríco perdiendo la capacidad de difundirse. Queda luego retenido en los glóbulos rojos, sistema nervioso central (SNC) y riñones.

La concentración sanguínea de mercurio disminuye rápidamente, con una semivida bifásica. La vía de excreción más importante es la digestiva y, en menor porcentaje, la urinaria, respiratoria y sudorípara. En orina, la semivida es de 40-90 días. Este dato es importante pues se considera un marcador biológico de las exposiciones crónicas.^{2,3,11}

Cuadro clínico

Exposición aguda

- a. **Efectos respiratorios:** puede producir neumonitis química, edema agudo de pulmón, bronquiolitis necrosante, insuficiencia respiratoria y muerte.²
- b. **Renales:** se puede manifestar como síndrome nefrótico, necrosis tubular e insuficiencia renal.^{2,4}
- c. **Cardiovasculares:** hipertensión arterial, taquicardia e insuficiencia cardíaca.
- d. **Gastrointestinales:** produce sabor metálico en la boca, salivación, disfagia, náuseas, diarrea. La forma inorgánica líquida se absorbe poco a través del tracto gastrointestinal en los niños, pero en forma de sales puede generar hemorragia digestiva y shock hipovolémico.^{2,4}
- e. **Dermatológicos:** es una vía infrecuente de exposición. La acrodinia se presenta con descamación de palmas y plantas, hiperhidrosis, prurito, exantema y artralgias. Este cuadro estaría relacionado con reacciones de hipersensibilidad al mercurio.²
- f. **Neurológicos:** es un potente neurotóxico. Produce alteraciones cognitivas, sensoriales, motoras y neuroconductuales. Los síntomas típicos de intoxicación con mercurio, se encuentran muy bien descritos en el personaje del sombrero de "Alicia en el país de las Maravillas", ya que, en ese entonces, el metal se utilizaba para conservar el brillo de la piel de castor que recubría por dentro a los sombreros.^{2-4,12,13}

Exposición crónica

- a. Los síntomas son predominantemente **neurológicos**. Incluyen alteraciones neuropsiquiátricas como ataques de pánico, ansiedad, labilidad emocional, trastornos de la memoria, insomnio, anorexia, fatiga, disfunción cognitiva y motora.
Menos frecuentes son las alteraciones neuromusculares y las polineuropatías.²⁻⁴
- b. **Carcinogénicos:** la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC por su sigla en inglés) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA por su sigla en inglés) no han reunido demasiada evidencia en este sentido, por lo cual los compuestos inorgánicos de mercurio pertenecen al grupo 3 - no clasificable.¹⁴⁻¹⁶
- c. **Tiroideos:** el Hg^0 se acumula en la glándula tiroidea y ocasiona disminución de la T_3 y aumento del coeficiente T_4/T_3 . Estos efectos se observan aun con niveles muy bajos de exposición.^{2,3,10,13}
- d. **Inmunológicos:** genera alteraciones en las poblaciones linfocitarias y aumento de los niveles de inmunoglobulina E.¹⁷
- e. **Reproductivos:** se asocia a un aumento en la frecuencia de abortos y dismenorrea.²

2. Compuestos orgánicos

Absorción y metabolismo

La principal vía de exposición para estos compuestos es la oral, aunque también puede producirse a través de la vía respiratoria o de la piel. En los glóbulos rojos, el MeHg se une a la hemoglobina y una fracción queda en plasma. Menos del 1% del mercurio presente en la sangre se distribuye en los órganos. La desmetilación del MeHg ocurre en varios órganos, incluido el SNC.

El 90% del MeHg absorbido se elimina en forma iónica con la bilis y, unido a la cisteína, realiza circulación enterohepática. Un porcentaje es desmetilado por la flora intestinal y se excreta por heces. La excreción urinaria y por leche materna es menor. Los lactantes tienen capacidad de eliminación limitada pues carecen de las bacterias que producen la desmetilación.^{2,3}

Exposición aguda

- a. **Efectos neurológicos:** puede presentarse con parestesias, ataxia, sordera, alteraciones visuales, temblores, espasticidad muscular y muerte.^{2,3,13}

- b. Renales:** puede ocasionar necrosis tubular aguda y glomerulonefritis, y evolucionar a la insuficiencia renal.^{2, 3,12,13}

Exposición crónica

- a. Efectos neurológicos:** las alteraciones más preocupantes de la exposición crónica al Me-Hg se asocian con la mayor vulnerabilidad del cerebro fetal e infantil.

Se lo considera un potente agente teratógeno que puede ocasionar alteraciones cerebrales estructurales y funcionales. La exposición del lactante puede ocasionar disminución del coeficiente intelectual y retardo mental. En los últimos años se ha asociado fuertemente la exposición al mercurio con el autismo. La activación crónica de la microglía se considera un marcador del espectro autista. La estimulación inmunológica, el mercurio y los niveles elevados de andrógenos podrían estimular la activación e inflamación de la microglía.^{2-4,7,12,18-20}

- b. Cardiovasculares:** se asocia con mayor riesgo de enfermedad cardiovascular. La exposición prenatal se ha asociado a hipertensión arterial durante la infancia.²¹
- c. Carcinogénicos:** la IARC ha clasificado a los compuestos orgánicos del mercurio como pertenecientes al Grupo 2B - probados efectos cancerígenos en animales de experimentación y posibles en seres humanos.^{2,3,10,12,14-16}

TABLA 1: *Criterios de Intervención según valores detectados en orina*⁵

Nivel	Valor urinario	Intervención
Bajo	< 20 µg/L	No se requiere.
Medio	20-50 µg/L	El valor se encuentra por debajo de los valores que se consideran de riesgo. Consulta clínica. Reducir la exposición.
Elevado	> 50µg/L	Repetir el análisis. Si se obtienen valores elevados, identificar las fuentes de exposición. Tratamiento con dimercaprol o penicilamina para evitar la neurotoxicidad.

Diagnóstico de laboratorio

El mercurio puede ser medido o detectado en varias muestras (orina, sangre, sangre de cordón, pelo), cada una de ellas con diferente utilidad. El mercurio en sangre refleja la exposición al Hg orgánico, incluidos el MeHg como así también el Hg⁰ y el inorgánico. El mercurio orgánico permanece poco tiempo en esta forma química luego de la exposición; por lo tanto, la medición debería ser realizada tan pronto como sea posible.

El mercurio inorgánico puede ser dosado en orina de 24 h,²² no así el orgánico. Su valor es útil para definir la estrategia terapéutica (Tabla 1).

El mercurio en el sector de la salud

El sector de la salud es una de las principales fuentes de emisión y demanda de mercurio a nivel mundial. El volumen de los desechos de Hg que provienen de los termómetros que se usan y se rompen en nuestro país, representan 1 tonelada métrica de mercurio/año aproximadamente.

Los hospitales deben resolver la disposición final del mercurio, un tema aún controvertido en todo el mundo.

En la Argentina, el mercurio y sus compuestos están incluidos en la Ley Nacional de Residuos Peligrosos 24051. Por ser un tóxico peligroso es un desecho que debe estar estrictamente controlado. Su correcta gestión es muy costosa.¹ En febrero del año 2009, el Ministerio de Salud de la Nación dictó la resolución 139/09, a través de la cual instruye a los hospitales y centros de salud para comprar termómetros y tensiómetros libres de mercurio. En el 2010, por la resolución 274/10 se prohibió la producción, importación y comercialización de termómetros y tensiómetros con Hg para la atención médica y veterinaria.

Uno de los principios fundamentales del concepto de Hospitales Sostenibles consiste en la eliminación del mercurio de la actividad sanitaria. Es importante generar programas de eliminación del Hg en los centros médicos de todo el país.

Para ello corresponde contemplar algunos aspectos:

- Compromiso personal y profesional para desarrollar una medicina libre de mercurio.
- Promover los métodos de recolección del mercurio en sectores de la salud hasta lograr su eliminación.
- Educación de los profesionales acerca del manejo de los derrames de mercurio e informar a otros efectores de salud, principalmente edu-

cando a la población sobre los efectos tóxicos del mercurio y las fuentes de exposición.

- Fomentar el recambio del material con mercurio a nivel domiciliario.^{1,2,9,11}

Tratado mundial sobre el mercurio

En el 2007, El Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente (PNUMA) debatió la necesidad de encarar una acción internacional sobre el control del mercurio para disminuir las emisiones antropogénicas a la atmósfera, adecuar el manejo de los desechos, reducir la demanda y oferta mundiales, atender la restauración de los sitios contaminados, prohibir el tránsito del mercurio a países en desarrollo y ofrecer soluciones para la disposición final. Educar a la población de modo de profundizar los conocimientos sobre las fuentes de exposición y el impacto sobre la salud y en el ambiente¹ es fundamental.

Estrategias generales para disminuir las liberaciones de mercurio, limitar el uso y las exposiciones

La gestión de los desechos de mercurio puede consistir en volver inerte el contenido de Hg de los desechos para luego depositarlos en rellenos sanitarios controlados, o bien, depositarlos sin tratamiento previo.¹

Entre las medidas de prevención se deben incluir:

- Medidas y reglamentos para controlar las liberaciones de mercurio al medio ambiente.
- Medidas y reglamentos de control de fabricación de productos que contienen mercurio.
- Normas de calidad ambiental que especifican concentraciones máximas de mercurio aceptables para diferentes medios, como el agua potable, aguas superficiales, aire, suelo y alimentos como el pescado.
- Asesoramiento permanente y educación a la población.¹

CONCLUSIONES

El Hg⁰ y sus derivados son verdaderos contaminantes del ambiente con un importante impacto sobre la salud humana. Los grupos más vulnerables son los niños pequeños y en gestación debido al efecto neurotóxico irreversible.

Es importante implementar la Historia Clínica Ambiental que permite investigar los riesgos ambientales durante la consulta, para poder detectar la población en riesgo.

Los entes internacionales, los gobiernos, las organizaciones no gubernamentales y nosotros, como cuidadores de los niños y de sus familias, debemos contribuir con todas aquellas medidas que se implementen para disminuir y luego eliminar las emisiones de Hg al ambiente.

Capacitarnos, capacitar a otros efectores de salud y a la población en general debe ser nuestro compromiso primordial en esta tarea.

Agradecimientos:

A la Dra. Hebe González Pena quien nos motivó con la presentación y realizó la lectura de este manuscrito. ■

BIBLIOGRAFÍA

1. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Productos químicos. Evaluación mundial sobre el Hg. Ginebra, Suiza. Dic. 2002. Pág. III.
2. Ortega JA, Ferris J, Tortajada, López JA, et al. Hospitales Sostenibles (II). Mercurio: exposición pediátrica. Efectos adversos en la salud humana y medidas preventivas. *Rev Esp Pediatr* 2003;59(3):274-91.
3. Viccelio P. Emergency toxicology. 2ª ed. Filadelfia: Lippincott-Raven; 1998. Págs. 384-6.
4. Clifton II JC. Mercury exposure and public health. *Pediatr Clin N Am* 2007;54:237-69.
5. Rogers HS, Jeffery N, Kieszak S, et al. Mercury exposure in young children living in New York city. *J Urban Health* 2008;85(1):39-51.
6. Soil Guideline Values for Mercury soil. Science report SC 050021/ Mercury SGV. Using science to create a better place. Environmental Agency. Disponible en: <http://www.environment-agency.gov.UK/clea>
7. Yorifuji T, Kashima S, Tsuda T, Harada M. What has methylmercury in umbilical cord told us? Minamata disease. *Sci Total Environ* 2009; 408(2): 272-6.
8. Alterman E, Vallejo NE, Giménez ER. Líneas de detención de crecimiento en las radiografías de huesos largos de niños que usaron pañales contaminados con mercurio. *Rev Hosp Niños* (Bs. Aires) 1981;XXXIII(96):167-8.
9. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2005. El mercurio en el sector de la salud. Documento de Política General. Anexo 2. Disponible en: WHO/SDE/WSH/05.08
10. Ronchetti R, Zuurbier M, Jesenak M, Koppe JE, et al. Children health and mercury exposure. *Acta Paediatr Suppl* 2006;95(453): 36-44
11. Zarlenga M, Somaruga L, Della RM. Mercurio, ftalatos y radiaciones ionizantes en las unidades de cuidado neonatal. Efectos adversos y medidas preventivas. *Arch Argent Pediatr* 2006;104(5):454-60.
12. Holmes P, James KA, Levy LS. Is low level environmental mercury exposure of concern to human health? *Sci Total Environ* 2010;408(2):171-82.
13. Caravati E, Erdman AR, Gwenn C, Nelson LS, et al. Elemental mercury exposure an evidenced based consensus guideline for out- of hospital management. *Clin Toxicol* (Phila) 2008;46(1):1-21.
14. World Health Organization (WHO). International Agency of Research Cancer (IARC). Overall evaluations of carcinogenetics. An updating of IARC monographs. Ginebra, Suiza; 1987 (Suppl. 7):Pág.100.

15. IARC-Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 58. Beryllium, cadmium, mercury exposures in the glass- manufacturing industry-Lyon. IARC 1993.
16. Boffeta P, et al. Carcinogenicity of mercury and mercury compounds. *Scand J Work Environ Health* 1993;19:1-7.
17. Vas J, Monestier M. Immunology of mercury. *Ann NY Acad Sci* 2008;1143:240-67.
18. Blaylock RL. A possible central mechanism in autism spectrum disorders, part 2: immunoexcitotoxicity. *Altern Ther Health Med* 2009;15(1):60-7.
19. Castoldi AF, et al. Human developmental neurotoxicity of methylmercury: impact of variables and risk modifiers. *Regul Toxicol Pharmacol* 2008;51(2):201-14.
20. Oken E, et al. Fish consumption, methylmercury and child neurodevelopment. *Curr Opin Pediatr* 2008;20(2):178-83.
21. Virtanen JK, et al. Mercury as a risk factor for cardiovascular disease. *J Nutr Biochem* 2007;18(2):75-85. Epub 2006 Jun 16.
22. Roses O E, Villamil EC, Camussa N, González D, et al. Excreción urinaria de mercurio en sujetos sanos no expuestos laboralmente. Valores en la población del área de Buenos Aires (Argentina). *Acta Bioquim Clin Latinoam* 1992; XXVI(3):307-10.

El problema de la humanidad es que los estúpidos están seguros de todo y los inteligentes están llenos de dudas.

Bertrand Russell