



## El mercurio y sus consecuencias en la salud

Rosa María Zambrano Cárdenas<sup>1</sup>, Liborio González Torres<sup>1</sup>, Francisco Julián Aranguré Zúñiga<sup>1</sup>, José Manuel Ortega Aguirre<sup>1</sup>, Juan Carlos Paredes Limas<sup>1</sup>, Miguel Ángel Espinosa Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cuerpo Académico de Química Ambiental, Universidad Autónoma de Nayarit, México  
rmzambrano10@hotmail.com

### ¿Qué es el mercurio?

El Mercurio conocido como azogue es un metal, cuyo símbolo es Hg, corresponde a los metales de transición, se encuentra en la columna 12, periodo 6 y bloque *d* de la tabla periódica de los elementos (Figura 1),

con número atómico de 80, masa atómica de 200.59 g·mol<sup>-1</sup> y configuración electrónica:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$ .

La imagen muestra una tabla periódica de los elementos con el elemento Mercurio (Hg) resaltado en la columna 12 y el periodo 6. El símbolo 'Hg' está escrito a la derecha del elemento en la tabla. La tabla incluye los grupos (1-18) y periodos (n=1 a n=7), así como las series de Lantánidos y Actinidos.

Figura 1. Tabla Periódica de los elementos

Es el único metal cuyo estado de segregación de la materia es líquido a temperatura ambiente, no puede mojar ninguna superficie con la cual esté en contacto, debido a su tensión superficial de 484 dinas/cm, seis veces mayor que la del agua en contacto con el aire. No es buen conductor del calor comparado con otros metales, aunque es buen conductor de la electricidad. Su solubilidad en agua libre de aire a 25°C es de  $6.39 \times 10^{-7}$  g/L

El mercurio ya era conocido desde la antigüedad, y junto con; el oro, la plata, plomo, hierro y estaño, fueron empleados por las primeras y grandes civilizaciones humanas. Es uno de los metales de más amplia distribución en el ambiente, y

conocido por su alta toxicidad (principalmente el metilmercurio) y responsable de acontecimientos de contaminación a gran escala. Es sabido que la contaminación por mercurio aumenta y continúa siendo una amenaza potencial tanto para la vida acuática como para la salud humana. A pesar de algunas medidas de control, en los últimos cien años ha aumentado su concentración en el ambiente. Es bioquímicamente activo, bioacumulable y persistente, de ahí su alta toxicidad para los seres vivos y el ambiente.



## ¿Cuáles son sus fuentes?

Es poco frecuente que lo encontremos en la litosfera, en la que constituye sólo el 10<sup>-4</sup>%. En la naturaleza el principal mineral de mercurio es el cinabrio (HgS), que constituye la mena más importante para la obtención de este metal. Otras formas minerales incluyen la corderoita (Hg<sub>3</sub>S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>), la livingstonita (HgSb<sub>4</sub>S<sub>8</sub>), y formas supergénicas como el mercurio metálico (Hg<sup>0</sup>), el calomelano (HgCl<sub>2</sub>), y la schuetteita (Hg<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)O<sub>2</sub>).

Como contaminante el mercurio proviene de fuentes, naturales y antropogénicas:

- De manera natural es liberado por la movilización generada en la corteza terrestre, por la actividad de los volcanes, o por erosión de las rocas. También, en algunas partes del mundo las concentraciones de mercurio en la corteza terrestre se modifican debido a incendios forestales, y contribuyen a elevar los contenidos locales y regionales de este elemento en esas áreas específicas.
- Las fuentes antropogénicas, están asociadas con el uso de combustibles fósiles, industria minera y la producción de cemento debido al mercurio contenido en la cal.
- Por otra parte, una fuente importante, en la actualidad está representada por la removilización y liberación de desechos depositados en suelos, sedimentos, cuerpos de agua y vertederos de basuras, así como la incineración de desechos municipales, médicos y peligrosos, además de cremaciones y liberaciones al suelo en cementerios.

Desde que se formó el planeta existe la misma cantidad de mercurio, es un elemento natural que no se puede crear ni

destruir, es así que muchos estudios de investigación indican que existen una serie de interacciones que ocurren entre los compartimentos ambientales. Las actividades naturales y antropógenas pueden redistribuir al mercurio en los ecosistemas de la atmósfera, el suelo y el agua mediante una compleja combinación de movimientos y transformaciones. Se desplaza a través del aire por todo el mundo y cae con las lluvias, en embalses, ríos, lagos y océanos. Siendo las corrientes oceánicas los medios de transporte de mercurio a larga distancia y los océanos son importantes sumideros dinámicos de mercurio en el ciclo mundial.

Es una fuente de contaminación accidental, como se mencionó, no es un metal abundante en la corteza terrestre, su distribución es muy irregular y se acumula en grandes bolsas, en las que la concentración de mercurio es muy elevada. Sin embargo, es importante señalar, que dentro de las cadenas tróficas, sufre procesos de bioconcentración, principalmente en los animales marinos y cereales.

El aporte antropogénico de mercurio no solo proviene de la explotación de yacimientos, procesos metalúrgicos e industrias diversas, sino debido a las múltiples aplicaciones de este metal, las aguas residuales urbanas son una fuente importante de mercurio elemental. Las redes de alcantarillado pueden liberar entre 200 y 400 Kg de mercurio por millón de habitantes. Se calcula por extrapolación una cifra del orden de 1,000 toneladas de mercurio liberadas anualmente en la superficie del planeta por las redes de alcantarillado.

Finalmente, los microorganismos presentes en el agua convierten al mercurio en metilmercurio, una forma altamente



tóxica, esto hace que pueda ser absorbido biológicamente por los peces; a través de sus branquias y usando como vehículo la sangre se dispersa en sus cuerpos hasta llegar a los tejidos grasos donde se acumula. El pescado contaminado es comido, a su vez, por otros peces, aves y mamíferos, llegando así a los seres humanos.

### ¿Cómo se usa el mercurio?

El mercurio se utiliza en un gran número de productos y procesos que aprovechan sus singulares características, es líquido a temperatura ambiente, buen conductor eléctrico, tiene densidad muy alta y alta tensión superficial, se expande/contrae uniformemente en toda su gama líquida respondiendo a cambios de presión y temperatura, además es tóxico para los microorganismos (incluso los organismos patógenos) y otras plagas. También se usa en productos y procesos, como en la minería del mercurio y el proceso de amalgamación en la minería de oro y plata en pequeña escala. Además de la fabricación de instrumentos que lo usan, como son: termómetros, manómetros, interruptores eléctricos y electrónicos, lámparas fluorescentes, entre otros, y en algunos productos que lo contienen, entre los que se pueden mencionar; amalgamas dentales, pinturas, productos farmacéuticos, soluciones de lentes de contacto, plaguicidas y cremas cosméticas.

Como se mencionó, el mercurio en su forma metálica se ha utilizado durante siglos para la extracción de oro y plata, como catalizador en la industria cloroalcalina, en manómetros para medir y controlar la presión, en termómetros, en interruptores eléctricos y electrónicos, también como material líquido de contacto, en lámparas fluorescentes,

como fluido de trabajo en bombas de difusión en técnicas de vacío y en amalgamas de plata dentales, entre otros.

En forma de compuestos químicos se utiliza en; baterías (como dióxido), biocida, en la industria del papel, pinturas y semillas, también como antiséptico, productos farmacéuticos, reactivos para análisis de laboratorio, catalizadores, pigmentos, colorantes, detergentes y explosivos.

### ¿Cuáles son las vías de exposición?

El mercurio puede ingresar al cuerpo humano por las tres vías: ingesta, inhalación y absorción. En las poblaciones que no están expuestas por motivos laborales, los alimentos son la principal fuente, y la ingesta alimentaria promedio de mercurio en diversos países varía entre 2 y 20  $\mu\text{g}/\text{día}$  por persona.

La FDA y la EPA (2004), organismos encargados del control de alimentos, medicamentos y del medio ambiente (en USA), advierten al grupo en riesgo (niños lactantes, mujeres embarazadas y en edad reproductiva) con el fin de minimizar la exposición a este contaminante a través del consumo de peces y de mariscos marinos y de agua dulce. La advertencia indica que los consumidores deben continuar incluyendo pescados y mariscos en sus dietas con niveles de metilmercurio "menor" y "moderado", restringir el consumo de nivel "alto" y evitar el consumo de especies con nivel "muy alto". Estos niveles de metilmercurio de acuerdo con la EPA son; peces cuyos contenidos son muy altos de 0.998 a 5 ppm: ballena, caballa gigante, marlín, pez espada y tiburón; con niveles altos de 0.29 a 0.5 ppm: atún rojo, corvina, lucio, mero, tollo azul; con un contenido moderado de 0.08 a



0.1 ppm: bonito, caballa (Pacífico), chita, jurel, lorna, merluza y tollo diamante; y con niveles menores de 0.017 ppm: anchoveta, ostras, sardina y salmón, en el zooplancton de 0.01 a 0.5 ppm, fitoplancton 0.001 ppm y en agua de 0.0001 ppm.

Otra forma de exposición es el uso de amalgama dentales, cuya composición es una mezcla de mercurio y una aleación de metales. La composición normal es de un

45-55% de mercurio; alrededor de un 30% de plata y otros metales como cobre, estaño y zinc. En 1991, la Organización Mundial de la Salud confirmó que el mercurio presente en el amalgama dental es la fuente no industrial más importante de emisión de vapor de mercurio, exponiendo a la población afectada a niveles de mercurio que superan los establecidos para los alimentos y para el aire.

También se puede estar expuesto al romperse un foco ahorrador, el uso de algunas pinturas que contienen mercurio, jabones y cremas para aclarar la piel, cosméticos, desinfectantes, antisépticos, pigmentos entre otros.

El mercurio inorgánico está presente en aguas superficiales y subterráneas, en concentraciones generalmente menores que 0.5 µg/L, aunque pueden darse concentraciones mayores en aguas subterráneas por la presencia en la zona de yacimientos de menas de mercurio.

El nivel establecido para el mercurio por la OMS es de 0.001 mg/L, el cual presenta un comportamiento muy homogéneo al ser adoptado por la mayoría de los países. Sin embargo, países como Estados Unidos, Japón (0.002 mg/L) y Ecuador (0.01 mg/L) permiten una concentración mayor de este metal en el agua. En México la normatividad nacional establece una concentración de mercurio máxima permisible de 0.001 mg/L para el agua destinada al uso y consumo humano que es distribuida por la red hidráulica (Norma Oficial Mexicana NOM-127- SSA1-1994), este límite de concentración es igual al señalado por la OMS, la EPA, y la Comunidad Económica Europea (CEE), que consideran para el agua potable, una concentración de mercurio máxima permisible de 0.001 mg/L. En la siguiente tabla se muestran algunos valores guía para el mercurio en agua potable en países de América.

Tabla 1. Valores guía para el mercurio de agua potable en los países de América

| PARÁMETRO | UNIDAD | OMS          | ARG                | BOL            | BRA            | COL        | CRI          | CHI       | ECU  | SLV         | GTM       | MEX           |
|-----------|--------|--------------|--------------------|----------------|----------------|------------|--------------|-----------|------|-------------|-----------|---------------|
| Año       |        | 1995         | 1994               | 1997           | 1990           | 1998       | 1997         | 1984      | 1992 | 1997        | 1998      | 1994          |
| Origen    |        | Valores guía | Código Alimentario | IBNORCAN B5 12 | Portaria 36-GM | DEC 475/98 | Dto. 25991-S | NCH 409/1 | IEOS | NSO 13070 1 | NGO 29001 | NOM-127-SSA 1 |
| Mercurio  | mg/L   | 0.001        | 0.001              | 0.001          | 0.001          | 0.001      | 0.001        | 0.001     | 0.01 | 0.001       | 0.001     | 0.001         |



## ¿Cómo afecta a la salud?

El mercurio es dañino para el medio ambiente y tiene la capacidad de bioacumularse. Debido a esto los niveles de metilmercurio aumentan a lo largo de la cadena alimentaria. Se ha creído que los efectos nocivos de la exposición a largo plazo al Mercurio elemental son causados por inhalación. Sin embargo, el mercurio líquido y el vapor de mercurio son absorbidos a través de la piel en pequeñas cantidades y esta ruta de exposición puede contribuir a la exposición general. Los efectos que siguen a la absorción por medio de la piel son similares a los reportados por inhalación a largo plazo.

Los daños más comunes se presentan en: el sistema nervioso, afectando las funciones del cerebro, que puede causar la degradación de la habilidad para aprender, cambios en la personalidad, temblores, cambios en la visión, sordera, incoordinación de músculos y pérdida de la memoria; el ADN y cromosomas; reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza; efectos negativos en la reproducción; con cambios en el esperma, defectos de nacimientos y abortos. En la primera fase de absorción o impregnación, aparece una sintomatología poco precisa e inespecífica como son; anorexia, astenia, pérdida de peso, cefaleas, vértigos, insomnio, dolores y parestesias en miembros inferiores y con menor frecuencia en superiores así como masticación dolorosa.

## ¿Cuál es la situación del mercurio en el mundo y qué están haciendo los países para su control?

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, realizó un estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en América Latina y el Caribe, del comercio de

productos que contienen cadmio, plomo y mercurio.

En el periodo (2001-2009), los principales países de América Latina y el Caribe, importadores de productos que contienen mercurio, fueron México, Brasil y Argentina y los principales proveedores; el Reino Unido, China, USA, República de Corea y Puerto Rico, entre otros.

En el mismo periodo (2001-2009), los principales países de América Latina y el Caribe exportadores de productos que contienen mercurio son México, República Dominicana y Brasil, y sus principales compradores; USA, Puerto Rico y las Islas Vírgenes.

En la publicación del Biodiversity Research Institute e IPEN de Enero 2013, sobre sitios altamente contaminados con mercurio en el mundo, señala que se realizó un estudio en el que se identifican las áreas críticas de contaminación. Dentro de estas se detectaron cinco tipos de fuentes puntuales, en el que se incluyeron sitios en donde se libera mercurio, que incluye al agua, tierra y aire. Además se concluyó que el tipo de fuente principal de la deposición atmosférica a nivel mundial corresponde a las fuentes difusas.

También fueron seleccionados países que representan todas las regiones de la ONU, entre los cuales se encuentran países desarrollados y en desarrollo, países con economías en transición y un pequeño Estado insular en desarrollo. Entre estos países se encuentran, Albania, Camerún, Indonesia, Islas Cook, Tokio Japón, República Checa, Rusia, Tanzania, Tailandia y México. En este estudio se examinaron 108 muestras de pescado de nueve países y 150 muestras de cabello humano, como se muestra en la Tabla 2.



Tabla 2. Resultados del estudio de contaminación por mercurio.

| País            | Lugar   | Cuerpos de Agua   | % de muestra de cabello con Hg > 1 ppm | % de muestras de peces con Hg > 0.22 ppm |
|-----------------|---|---|--|--|
| Albania         | Vlora Bay   | Vlora Bay   |  | 36%                                      |
| Camerún         | Douala  | Wouri River, Gulf of Guinea                                     | 76%                                    |  |
| Indonesia       |   |   | 95%                                    |  |
| Nueva Zelanda   | Cook Islands  |   | 89%                                    |  |
| Japón           | Tokio   |   | 95%                                    | 100%                                     |
| República Checa | Spolana in Neratovice and Spolchemie in Ústínad Labem | River Labe, which flows to Germany and into the North Sea       | 95%                                    | 50%                                      |
| Rusia           | Volgograd   | Volga River and Sarpa Lake                                      | 67%                                    | 90%                                      |
| Tanzania        | Matundasi and Makongolosi                             | Sekotong Village and the Poboya area in Palu, Lupa River, Rukwa | 95%                                    | 67%                                      |
| Tailandia       | Tha Tum   | Shalongwaeng Canal  | 100%                                   | 85%                                      |
| México          | Coatzacoalcos and Minatitlán,                         | Coatzacoalcos River, Gulf of Mexico                             | 73%                                    | 67%                                      |

En México, se analizaron 15 muestras de tres especies de peces del Río Coatzacoalcos; robalo blanco, chucumite y bandera, en los que se encontraron concentraciones promedio de mercurio que exceden las 0.22 ppm (Tabla 2) de referencia de la U.S. EPA, por lo que no deberían ser consumidos más de una vez al mes, según el Biodiversity Research Institute (BRI).

Por otra parte, un estudio publicado en la revista *Environmental International*, dirigido a un sector de la población especialmente sensible a los efectos neurotóxicos del mercurio, fue realizado por científicos españoles y han detectado, que en promedio más de la mitad de los niños que nacen en España, presentaron

niveles de mercurio de más de 5,8 microgramos por litro, en sangre, límite considerado “seguro” por la EPA. A su vez, el 75% en Asturias, el 68,4% en Valencia, el 64,7% en Guipúzcoa y el 49% en Sabadell superaron dicho límite. Finalmente al 10% de la población bajo estudio se les detectaron niveles superiores a los 22 microgramos por litro.

La experiencia de Dinamarca es un buen ejemplo de los logros que se pueden obtener con una estrategia de sustitución coherente. En los últimos años, Dinamarca fomenta con insistencia la sustitución de productos de mercurio, inclusive prohibiendo la venta y uso de la mayoría de ellos.



canadiense de fabricantes de baterías domésticas (*Canadian Household Battery Manufacturers' Association*) no permite que se añada mercurio a las baterías domésticas alcalinas, de zinc-carbón y de zinc-cloro.

También existe legislación que limita o prohíbe el mercurio en los productos cosméticos. Por lo que el mercurio y sus compuestos no pueden formar parte de los ingredientes de los cosméticos, como los jabones, lociones, champús, productos para aclarar la piel, entre otros.

Dinamarca, Noruega y Suecia intentan eliminar el uso de la amalgama de mercurio. Nueva Zelanda trabaja sobre almacenamiento, recolecta y eliminación del mercurio en los consultorios dentales.

En la Comunidad Europea se discute en el Consejo de Europa y en el Parlamento una propuesta de nueva directiva para restringir el uso de determinadas sustancias peligrosas en los equipos eléctricos y electrónicos que contienen mercurio. En Suecia desde 1993 no se pueden fabricar ni vender instrumentos de control o de medida ni componentes eléctricos y electrónicos que contengan mercurio.

En USA, para reducir la contaminación por mercurio, los gobiernos federales, estatales y locales emiten avisos sobre el consumo de pescado y mariscos que contienen altos niveles de mercurio. En 2004, la EPA y la

FDA emitieron un aviso conjunto al consumidor sobre el mercurio en el pescado y los mariscos para mujeres de edad fértil, mujeres embarazadas, madres lactantes y niños pequeños. En lo que respecta a las emisiones de mercurio al aire, como resultado de las regulaciones de la EPA y de los gobiernos estatales, las reducciones en el uso de mercurio, las emisiones de las plantas generadoras de energía, las calderas industriales, la producción de cloruro han bajado entre el 85 al 90%

Los acuerdos internacionales relacionados con el cadmio, el plomo y el mercurio de los que la mayoría de países de América Latina y el Caribe son parte incluyen: al Convenio de Basilea, el Convenio de Rotterdam, el Protocolo de Aarhus sobre Metales Pesados, el Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Químicos (SAICM).

México también ha tomado medidas al respecto, la Secretaría de Salud elaboró un tríptico sobre el mercurio y los daños a la salud, en el que se incluyen: los síntomas de intoxicación y que hacer para reducir la exposición al mercurio. Este folleto es el resultado del proyecto de reducción de mercurio en el sector salud en México, apoyado por la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte y coordinado por el Centro de Análisis y Acción sobre Tóxicos y sus Alternativas (CAATA) punto focal de Salud sin Daño en México.

## Bibliografía

Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional (CCSSO). Mercurio – Efectos en la Salud. [http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem\\_profiles/mercury/health\\_mercury.html](http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/mercury/health_mercury.html)

Doadrio V. A. L. 2004. Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio. *Anal. Real Acad. Nac. Farm.*, 70: 933 – 959.

Evers, D.C., DiGangi, J., Petrлік, J., Buck, D.G., Šamáneк, J., Beeler, B., Turnquist, M.A., Hatch, S.K., Regan, K. 2013. Global mercury hotspots: New evidence reveals mercury contamination regularly exceeds



health advisory levels in humans and fish worldwide. Biodiversity Research Institute. Gorham, Maine. IPEN. Göteborg, Sweden. BRI-IPEN Report 2013-01. 20 pages.

OMS. Guías para la calidad del agua potable: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. Versión electrónica para la Web. ISBN 92 4 154696 4 (Clasificación de la NLM: WA 675). 408 pp. Consultada el 27 de septiembre de 2013.

PNUMA PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. Estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en América Latina y el Caribe del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio. Noviembre de 2010. 200 pp. [http://www.chem.unep.ch/Pb\\_and\\_Cd/Documents/LAC\\_study/Estudio%20Espa%C3%B1ol%20con%20Resumen%20Ejecutivo.pdf](http://www.chem.unep.ch/Pb_and_Cd/Documents/LAC_study/Estudio%20Espa%C3%B1ol%20con%20Resumen%20Ejecutivo.pdf). Consultado el 8 de julio de 2013.

PNUMA PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. Evaluación mundial sobre el mercurio. Publicado por el PNUMA Productos Químicos. Ginebra, Suiza. Diciembre de 2002. Versión en español publicada en Junio 2005. 303 pp. <http://www.chem.unep.ch/mercury/GMA%20in%20F%20and%20S/final-assessment-report-Nov05-Spanish.pdf>. Consultado el 8 de Julio de 2013.

Ramon R, Murcia M, Aguinagalde X, Amurrio A, Llop S, Ibarluzea J, Lertxundi A, Alvarez-Pedrerol M, Casas M, Vioque J, Sunyer J, Tardon A, Martinez-Arguelles B, Ballester F. Prenatal mercury exposure in a multicenter cohort study in Spain. *Environ Int.* 2011 Jan 14. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21239061>

Secretaría de Salud. Tríptico de información para el usuario: "El mercurio y los daños a la salud". Programa Hospital Libre de Mercurio. <http://www.proyectoluminarias.org/downloads/Tools%20-%20El%20mercurio%20y%20los%20danos%20a%20la%20salud.pdf>

Truque B. P. A. Armonización de los estándares de agua potable en las Américas. <http://www.oas.org/DSD/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>. 73 pp. Consultado el 10 de agosto de 2013

WHO. Elemental mercury and Inorganic mercury compounds: Human health aspect. Génova 2003. <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>

Yarto R. M. A., Gavilán G. A. y Barrera C. J. 2003. El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes y sus implicaciones para México. Gaceta Ecológica Número 69 del Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT. México. 100 pp.