

El mercurio posee una de las peores reputaciones entre los metales debido al más grave accidente recordado en la historia por contaminación de mercurio, ocurrido en la bahía de Minamata en Japón. El incidente fue provocado por la empresa química Corporación Chisso, establecida cerca de la bahía de Minamata en 1908,

que utilizaba cloruro de mercurio para la obtención de acetaldehído, un material utilizado para la fabricación de cloruro de polivinilo o PVC, derivado del plástico. Durante sesenta años la compañía vertió los subproductos químicos a la bahía sin ningún tipo de tratamiento, provocando el envenenamiento de pescados y

mariscos por metilmercurio, un compuesto derivado de este metal. Por medio de la cadena trófica el mercurio llegó a los pobladores de la región, contabilizándose dos mil personas intoxicadas, de las cuales murieron aproximadamente mil.

El evento bastó para que este elemento infundiese alarma pública en todas las regiones del mundo donde podía haber fuentes de contaminación por mercurio; la inquietud llegó a tal grado que se elaboró el Convenio de Minamata con

el objetivo de minimizar su uso en la industria a nivel mundial, ya que diversas investigaciones han mostrado que constituye una amenaza para la salud humana y la vida silvestre debido a que altera el sistema nervioso central, causando daños neurológicos irreparables.

El mercurio es un contaminante global, existen más de veinticinco minerales que lo contienen; su mena principal es el cinabrio, conocido como sulfuro de mercurio, utilizado



## Contaminación ambiental por mercurio ¿un rojo que engaña?

Rocío García Martínez

desde hace más de 2 300 años como pigmento rojizo en utensilios y como colorante para ritos religiosos por poblaciones prehispánicas. Otras formas minerales del mercurio incluyen la corderoita, la livingstonita y sus formas supergénicas como el mercurio elemental, el calomelano y la schuetteita, ésta última aparece como costras que cubren rocas en las cercanías de escombreras del mineral (*mineral dumps*) dando una belleza especial a la roca.

Todos estos minerales se encuentran principalmente en las profundidades, se forman de manera natural y son estables; el mercurio se encuentra así, pero por medio de procesos antropogénicos se extrae el metal del mineral, ocasionando su liberación a la atmósfera.

### Mercurio en la atmósfera

La presencia de mercurio en la atmósfera se debe a procesos naturales como incendios forestales, erupciones volcánicas y eventos meteorológicos o bien por actividades realizadas por el humano, como la explotación minera, la manufactura industrial metalmeccánica y la refinación del petróleo.

Durante los últimos cien años las emisiones industriales han duplicado la cantidad de

mercurio emitida a la atmósfera. Una serie de estudios llevados a cabo por investigadores del Coastal and Marine Mercury Ecosystem Research Collaborative analizan el proceso de acumulación del mercurio y de la toxina derivada llamada metilmercurio y su incorporación a los océanos y a la cadena trófica. Para dicho análisis se contabiliza el mercurio presente en seres vivos como el atún, ya que teóricamente no debería contenerlo, por lo tanto la cantidad encontrada es considerada producto de la ingesta de alimentos contaminados.

Por otro lado, se estima que entre 50 y 75% de las emisiones de mercurio a la atmósfera son de origen antropogénico; esto se sabe ya que se evalúa la concentración de mercurio en zonas habitadas y no habitadas por el humano.

Los orígenes de la deposición atmosférica de mercurio, es decir, del flujo de mercurio de la atmósfera a la tierra y a los océanos, son locales y regionales así como hemisféricos o mundiales. El mercurio emitido es transportado grandes distancias por las corrientes de viento, la lluvia y las nubes. Las corrientes oceánicas también son vías de transporte del mercurio y los océanos son importantes depósitos dinámicos de mercurio en el ciclo global. Es impor-



tante enmarcar factores atmosféricos, geológicos y biológicos como responsables de la distribución, migración y transporte del mercurio.

Por ejemplo, en 2005 se presentaron datos del aporte de mercurio antropogénico por la vía atmosférica en el lago Erie, localizado entre Estados Unidos y Canadá. Durante el año 2000 estimaron aportes de mercurio al lago de hasta 1 742 toneladas anuales a través de la deposición húmeda y de 3 483 por vía seca, esto se mide utilizando una técnica de análisis químico llamada espectroscopia de absorción atómica. En cuanto a la lluvia y otras formas de deposición húmeda, su composición depende en gran medida de las características del aire. Así, zonas industrializadas poseen un alto contenido de mercurio debido al uso de combustibles fósiles. Además, el agua de lluvia posee un importante pa-



pel en el arrastre, transporte y procesos de erosión de suelos, cuando el mercurio está depositado en el suelo comienza a interactuar con la geosfera o la biósfera.

Las reacciones de oxidación entre las formas del mercurio y los minerales que forman las rocas de la corteza terrestre son las principales responsables de la composición del cinabrio natural no contaminado. En la época de lluvias los suelos son lavados, de modo que arrastran una multitud de sólidos y elementos disueltos que pueden llegar a los ríos y por consiguiente al mar. Por mencionar un ejemplo, los químicos y toxicólogos Chad Moore y Anthony Carpi describieron en 2005 que la lluvia es el factor que más influye en la variabilidad de las concentraciones de mercurio en sus diferentes especies dependiendo de la acidez de la lluvia. El problema de la contaminación por metales tóxicos

lo originan diversos factores, entre los que se encuentra la cantidad y la variedad de las fuentes emisoras. Cabe señalar que al comparar las emisiones globales de elementos como manganeso, mercurio y selenio, éstas provienen en su mayoría de fuentes naturales; sin embargo, en el plano regional, las fuentes originadas por el hombre pueden contribuir de manera importante y estos metales se convierten en contaminantes a escala local.

Muchos organismos acuáticos tienen la capacidad de modificar físicamente el suelo en el que viven, además pueden tomar ciertos compuestos químicos del medio y excretar otros distintos, modificando de este modo la composición química de los suelos, pero este cambio es lento. Debido a la explotación de las minas se producen cambios más veloces en el pH, potencial redox, etcétera. En este sentido, un estudio

en 1997 describe claras diferencias en las concentraciones de mercurio en los estuarios de los ríos Tweed y Dee en Escocia, atribuidas a la actividad minera, presentando un máximo durante el invierno, cuando dicha actividad es mínima. Mientras las modificaciones geológicas y biológicas de las superficies terrestres han sido muy lentas, los cambios inducidos o estimulados por actividades humanas han acumulado mercurio con rapidez en años recientes.

### Efectos en la salud



La contaminación por mercurio provoca trastornos cardiovasculares, neurológicos y malformaciones congénitas. El metilmercurio es una toxina particularmente potente, capaz de llegar a la placenta y ataca principalmente el sistema nervioso central. Por ser liposoluble, esta toxina se acumula en los organismos vivos, es decir, se adhiere al tejido adiposo provocando efectos tóxicos secundarios y en algunos casos hasta la muerte.

La ingesta de alimentos contaminados por mercurio, por ejemplo pescado, es la principal vía de intoxicación, debido a su biotransformación y magnificación biológica, es decir, se incrementa la concentración por la cadena trófica debido a que los animales acumulan metilmercurio más rápido de lo que pueden excretarlo, así que, aun cuando

las concentraciones iniciales de metilmercurio en el agua sean bajas, los procesos biomagnificadores acaban por convertir el metilmercurio en una amenaza real para la salud humana.

Asimismo, los efectos tóxicos causados por inhalación de vapor de mercurio dañan especialmente el sistema nervioso provocando pérdida de la memoria, temblores, inestabilidad emocional (angustia e irritabilidad), insomnio e inapetencia. La exposición a los vapores de mercurio puede producir daños pulmonares y llevar a la muerte dependiendo del periodo de exposición y del grado de concentración detectado.

El empleo de cosméticos y medicamentos que contienen mercurio son una fuente adicional de riesgo.

## Finalmente

Aunque ya se han reportado diversos estudios sobre el monitoreo ambiental de mercurio, por ejemplo los de los químicos M. Rangel y K. Macías en 2015, donde analizaron la cantidad de mercurio en agua para consumo humano y en el suelo en Taxco de Alarcón, Guerrero, se llegó a la conclusión de que el agua contenía una mayor concentración de mercurio que el permitido por la Norma Oficial Mexicana.

Es importante considerar los efectos del mercurio a largo plazo por sus efectos adversos al ambiente y a la salud.



### Rocío García Martínez

Centro de Ciencias de la Atmósfera,  
Universidad Nacional Autónoma de México.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balls P. W. *et al.* 1997. "Trace metals in Scottish estuarine and coastal sediments", en *Marine Pollution Bulletin*, vol. 34, núm. 1, pp. 42-50.
- Cohen, Mark *et al.* 2004. "Modeling the atmospheric transport and deposition of mercury to the Great Lakes", en *Environmental Research*, núm. 95, pp. 247-265.
- Counter, S. A. y L. H. Buchanan. 2004. "Mercury exposure in children: a review", en *Toxicology Applied Pharmacology*, vol. 198, núm. 2, pp. 209-230.
- Figuerola, J. 2009. *Grandes catástrofes tóxicas*. Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Gaona Martínez, Xavier. 2004. *El mercurio como contaminante global. Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente*. Tesis, Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Química, España.
- Ki Hyum, Kim *et al.* 2005. "Atmospheric Mercury Concentration from Several Observatory Sites in the Northern Hemisphere", en *Journal of Atmospheric Chemistry*, vol. 50, núm. 1, pp. 1-24.
- Landis, Matthew S. *et al.* 2002. "Development and Characterization of an Annular Denuder Methodology for the Measurement of Divalent Inorganic Reactive Gaseous Mercury in Ambient Air", en *Environment Science Technology*, vol. 36, núm. 13, pp. 3000-3009.
- Macías Macías, K. 2015. *Determinación de la distribución y variación temporal de mercurio y otros metales pesados en suelos de una zona minera de Taxco de Alarcón, Guerrero*. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México.
- Moore, Chad y Anthony Carpi. 2005. "Mechanisms of the emission of mercury from soil: Role of UV radiation", en *Journal Geophysical Research*, vol. 110, núm. D24, pp. 1-9.
- Parsons, Michael B. y Jeanne B. Pervical. 2005. *Mercury: Sources, Measurements, Cycles and Effects*. Mineralogical Association of Canada, Ottawa.
- Pirrone, N. *et al.* 2010. "Global mercury emissions to the atmosphere from antropogenic and natural sources", en *Atmospheric Chemistry and Physics*, núm. 10, pp. 5951-5964.
- Rangel García, M. 2015. *Cuantificación de Hg en agua para el consumo humano proveniente de pozos en la región minera de Taxco de Alarcón, Guerrero*. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México.
- Schroeder, William H. y John Munthe. 1998. "Atmospheric mercury-An overview", en *Atmospheric Environmental*, vol. 32, núm. 5, pp. 809-822.

#### IMÁGENES

Santiago Arau Pontones, Ciudad de México 2010-2017.