

M

ercurio

EL METAL BELLO Y VENENOSO



Laura Gasque

Fascinó por milenios a la humanidad pero ha sido también su enemigo mortal.

Hoy estamos en camino de evitar que contamine el entorno y a los seres vivos.

NO SE SABE quién fue el primero en conocer el mercurio en su hermosa forma elemental —como líquido, a temperatura y presión ordinarias— pero la muestra más antigua que tenemos data del siglo XV a. C. y fue encontrada dentro de un recipiente de vidrio en una tumba egipcia en Kurna.

El símbolo químico del mercurio, Hg, viene de *hydrargyrum*, que significa plata líquida en latín. Aunque en la actualidad se conocen otros tres metales que son líquidos a temperatura cercana a la del ambiente —galio, cesio y francio—, todos son escasos y difíciles de aislar en su forma elemental

y sólo el mercurio nos es familiar por esta propiedad.

El primer registro escrito sobre el mercurio se atribuye al filósofo griego Teofrasto, quien describió con detalle cómo puede obtenerse este metal líquido tallando el mineral cinabrio con cobre y vinagre, en un recipiente de barro. El cinabrio es un mineral de color rojo, compuesto por sulfuro de mercurio, HgS , que a la temperatura relativamente baja de 482°C se descompone en presencia de aire, liberando al mercurio metálico.

El mercurio tiene propiedades químicas semejantes a las de los metales preciosos como el oro, el platino o el paladio. A diferencia de otros metales como el hierro, el zinc o el cobre, el mercurio es bastante inerte, y resistente a la oxidación. Sin embargo, tiene una gran tendencia a vaporizarse y al encontrarse en ese estado puede reaccionar mucho más fácilmente que cuando sus átomos se encuentran unidos entre sí formando el enlace metálico.

Vapor tóxico

El bello color rojo del cinabrio, también conocido como bermellón, fue el que motivó las primeras aplicaciones del mercurio; se sabe que se usaba en India y China desde la prehistoria en los objetos de cerámica y laca. La belleza de este pigmento y la del precioso y líquido metal que se extrae de él, hizo que los hombres de la antigüedad incluso le adjudicaran poderes curativos.

Entre los romanos el cinabrio era sumamente apreciado; en los textos de Plinio se menciona que su precio se llegó a elevar tanto, que tuvo que ser controlado por el gobierno. Sin embargo, la toxicidad del mercurio debe haber sido conocida para los romanos, ya que en las minas de las que se extraía, se empleaba únicamente a esclavos y prisioneros, cuyo promedio de vida en ese oficio era de apenas tres años.

El mercurio tiene la propiedad de unirse a los metales preciosos formando amalgamas. Una amalgama es un caso particular de aleación en la que uno de los metales participantes es mercurio. Al mezclar mercurio metálico con una roca molida que contiene oro o plata, el mercurio extrae el metal precioso de la roca, dando un fluido que es posible separar. Este fluido puede luego calentarse, lo que causa el desprendimiento del mercurio en forma de vapor, quedando libre el

metal precioso. El vapor de mercurio, que es altamente tóxico, en principio puede recuperarse y reutilizarse, pero la eficiencia de este proceso nunca fue perfecta. Este método de extracción de metales preciosos, actualmente en desuso, fue muy utilizado desde la antigüedad, y particularmente por los españoles, ya que en España se producía mercurio en abundancia desde los tiempos románicos, y durante la Colonia se enviaba al continente americano para la extracción de la plata y el oro.

El sombrero loco

El mercurio fascinaba a los científicos de la era de la Ilustración; cuando las leyes de la química eran aún desconocidas, y muchos estudiosos realizaban experimentos con esta sustancia con muy poco conocimiento de las consecuencias.

El rey Carlos II de Inglaterra (1630-1685), por ejemplo, era un apasionado alquimista que tenía su propio laboratorio. Se tiene registro de graves cambios de personalidad en las últimas etapas de su vida y se sabe que murió por fallas renales, lo que es explicable por una intoxicación con mercurio.

También Sir Isaac Newton practicaba la alquimia y se sabe que entre los análisis que realizaba con las sustancias que estudiaba, se encontraba el *probarlas*. Cuando tenía unos 50 años, Newton sufrió serios desequilibrios emocionales, y en 1693 se descubrió, mediante un examen químico realizado a sus cabellos, que murió con un alto grado de intoxicación de este metal, ya que la concentración de mercurio en ellos era de 75 partes por millón, cuando el nivel máximo no debe superar 5 ppm.

Michael Faraday, uno de los más brillantes genios experi-



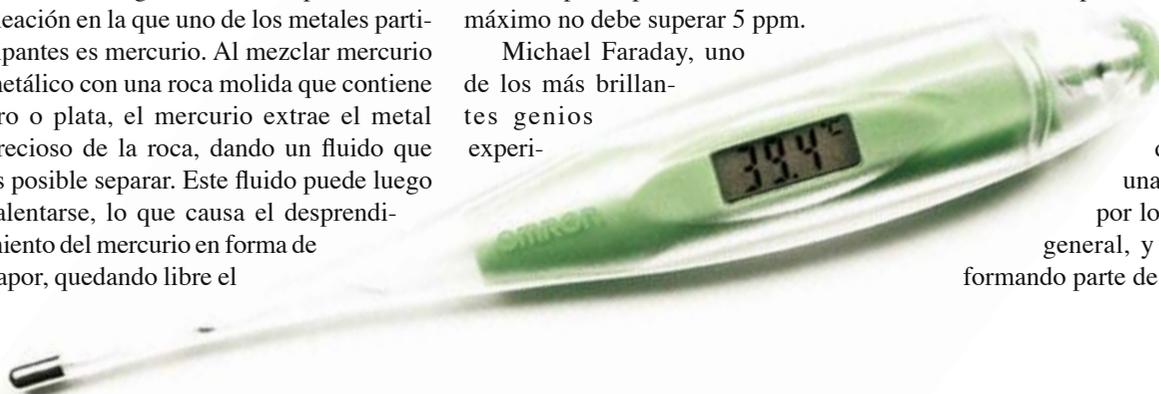
mentales de la física y la química del siglo XIX, utilizaba comúnmente el mercurio en sus aparatos eléctricos y también sufrió de crisis nerviosas y pérdida de la memoria.

Hubo muchos intentos de darle al mercurio aplicaciones medicinales. Desde los tiempos de Paracelso en el siglo XVI, hasta principios del siglo XX, se utilizó mercurio con la intención de curar la sífilis, aunque hay severas dudas acerca de que sirviera para ello. También se utilizó ampliamente como supuesto antidepresivo, y se sabe que el presidente Abraham Lincoln tomaba con ese fin unas píldoras azules que contenían mercurio metálico mezclado con varios ingredientes de origen vegetal.

Durante la segunda mitad del siglo XX, se siguieron utilizando medicamentos como el *mercurocromo* ($\text{C}_{20}\text{H}_8\text{Br}_2\text{HgNa}_2\text{O}_6$) y el *merthiolate* ($\text{C}_9\text{H}_9\text{HgO}_2\text{SNa}$) como antisépticos. (La compañía farmacéutica que tiene los derechos sobre la marca Merthiolate, ha cambiado la formulación; actualmente el producto que se vende en México con ese nombre, no contiene mercurio.)

Entre las primeras aplicaciones industriales del mercurio, está bien documentado el uso de nitrato de mercurio en el tratamiento del fieltro para fabricar sombreros. Es muy probable que la expresión “loco como un sombrero”, utilizada en algunos países, provenga del desequilibrio emocional que provocaba el contacto con esta sustancia en los trabajadores del gremio, de los cuales el sombrero loco de *Alicia en el país de las maravillas*, de Lewis Carroll, es un famoso ejemplo. El fieltro es un material muy antiguo que originalmente se fabricaba a partir de pelos de animales que eran desprendidos de la piel y apelmazados. Al tratar una piel con nitrato de mercurio en

solución, los pelos se desprenden de ésta y se suavizan. Actualmente se sabe que el mercurio tiene una gran afinidad química por los átomos de azufre en general, y dado que hay azufre formando parte de algunos aminoácidos,



como la cisteína y la metionina, muy abundantes en las proteínas del pelo, se da una acumulación de este metal en él. Por esta razón las intoxicaciones por mercurio se diagnostican mediante un análisis de una muestra de cabello, como se hizo con el cadáver de Newton. Esta gran afinidad también explica la presencia de mercurio en el planeta principalmente como cinabrio y es el origen de la palabra *mercaptopano*, utilizada para nombrar a la familia de compuestos organosulfurados, pues captan mercurio.

Del pez al ser humano

En el medio ambiente los vapores de mercurio son capaces, mediante la acción de ciertas bacterias, de transformarse en una especie organometálica como el metilmercurio (CH_3Hg^+) o el dimetilmercurio ($\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_3$). Dada la gran afinidad del mercurio con el azufre, el metilmercurio puede unirse a una cisteína de alguna proteína, lo que puede provocar cambios en la estructura terciaria de ésta e impedir su funcionamiento normal. El dimetilmercurio no es tan reactivo, pero su peligrosidad reside en su carácter hidrofóbico, que le confiere una gran solubilidad en los tejidos grasos. Esta relativamente baja reactividad, unida a su solubilidad en los tejidos grasos —y limitada solubilidad en medio acuoso—, dificulta la excreción del dimetilmercurio y facilita su acumulación en los tejidos adiposos, por ejemplo, en los peces, sin causarles un daño letal. Y como según reza el dicho, *el pez grande se come al chico*, el pez grande digiere peces chicos y acumula en su propio tejido graso el dimetilmercurio que contenían aquéllos.

Desafortunadamente, cuando un ser humano se alimenta de peces grandes, mucho de este dimetilmercurio puede transformarse, por acción de algunas enzimas, en metilmercurio, que es muy soluble en medio acuoso. Esto le confiere una mayor movilidad fisiológica, que le permite entrar en contacto con los grupos

cisteína de una gran cantidad de proteínas esenciales, inutilizándolas.

El caso más conocido de este efecto ha sido la tragedia de Minamata en Japón. En 1956 empezaron a aparecer casos de pacientes con graves daños neurológicos. Tras varios años de reunir información sobre los hábitos de estos enfermos, se llegó a la conclusión de que se trataba de una intoxicación por consumir pescado de la bahía, que estaba contaminado con mercurio proveniente de las industrias. La concentración de mercurio que se encontró en el cabello de

estas personas rebasaba las 700 ppm, 140 veces superior al límite tolerable. Se calcula que entre 1938 y 1968, la

compañía química japonesa Chisso arrojó a la bahía de Minamata aproximadamente 27 toneladas de mercurio. A partir de 1959, Chisso implementó sistemas de tratamiento de aguas y empezó a distribuir dinero entre las víctimas, a cambio de que no presentaran más reclamos. El sistema de tratamiento de aguas no remedió para nada el problema y durante 10 años el número de víctimas siguió aumentando, incluyendo numerosos casos de bebés nacidos con parálisis cerebral. No fue sino hasta 1973 que el gobierno de Japón declaró a Chisso culpable de negligencia y la obligó a pagar compensaciones a las víctimas. En total, estas compensaciones ascendieron a 3.4 millones de dólares, mientras que las ventas de esta compañía tan sólo en el año 2005, alcanzaron los 1310 millones de dólares.

El mercurio en México

El primer instrumento científico que utilizó mercurio fue el barómetro de Evangelista Torricelli en 1643 y luego el termómetro que inventó Gabriel Fahrenheit en 1714. Aún en nuestros días se siguen empleando instrumentos basados en estos antiguos inventos para medir la presión y la temperatura.

En la actualidad, la principal aplicación del mercurio en México —en la que se utiliza, en general, la tercera parte del mercurio que se consume en el mundo—, es la obtención de cloro mediante lo que se conoce como el proceso “cloro-álcali” con

Dios alado

Mercurio era el nombre del dios romano de los comerciantes, equivalente al Hermes de los griegos. De hecho hay una relación etimológica directa entre *Mercurio* y las palabras mercancía, mercado y comercio. El comercio estaba naturalmente ligado a los viajes, por lo que los romanos representaban a esta veloz deidad con alas en sus pies y en su sombrero. Y por analogía con este dios nombraron también al planeta.

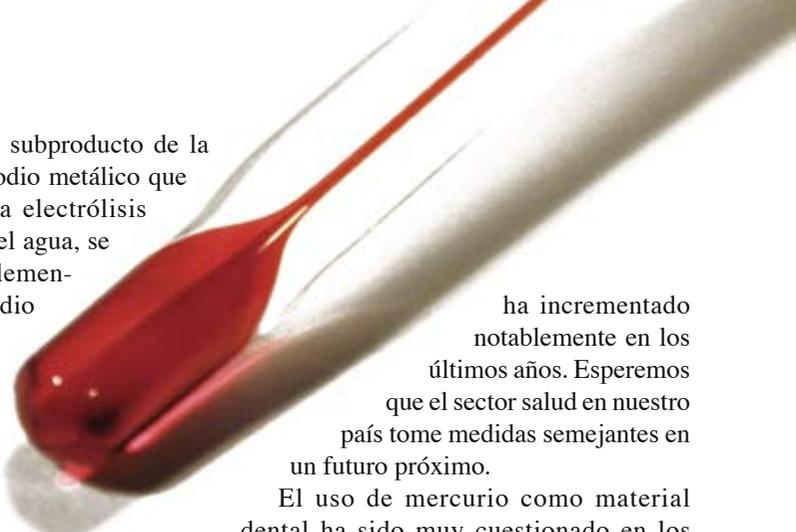
cátodo de mercurio. Para obtener cloro se pasa una corriente a través de soluciones muy concentradas de sal de mar (cloruro de Na^+); el cloruro se oxida y se desprende como cloro gaseoso, y el sodio se reduce a sodio metálico en una tina llena de mercurio que actúa como cátodo. El mercurio disuelve al sodio metálico formando una amalgama. Este sodio, que de otra manera es muy peligroso, se convierte en

sosa de manera controlada, agregando agua a la amalgama. Y el mercurio se purifica y, en principio, se vuelve a utilizar; no obstante, siempre hay escapes de mercurio metálico al medio ambiente.

El segundo uso del mercurio en México lo constituyen los termómetros. El Instituto Nacional de Ecología (INE) calcula, con datos proporcionados por la Secretaría de Salud, que existen en el país 160 000 camas en los distintos hospitales públicos y privados del país, y hay un termómetro por cada cama; se estima que cada semana se rompe la cuarta parte de éstos, pues se sustituyen 40 000 termómetros por semana, entonces en 52 semanas, de 2 080 000 termómetros rotos, se arrojan al ambiente más de ¡dos toneladas de mercurio!

El tercer lugar en consumo de mercurio lo ocupa la medicina odontológica. El INE estima que cada uno de los 10 000 dentistas que trabajan en el país genera una emisión de 200 g de mercurio al año, por lo que la contaminación debida a esta fuente está también cerca de las dos toneladas anuales. Esto sin contar con que la





cremación de cadáveres es una práctica cada día más común en nuestra sociedad y que prácticamente todos los mexicanos al morir tienen amalgamas en sus dientes.

Todas las lámparas fluorescentes contienen mercurio elemental. En México se venden cada año alrededor de 40 millones que usualmente terminan rotas en la basura, sin ninguna precaución, liberando al ambiente aproximadamente media tonelada de mercurio.

Adiós a la plata líquida

Afortunadamente, existe en la actualidad un marcado descenso en la producción y consumo del mercurio en el mundo, ya que la producción mundial, que en 1985 era de 7000 toneladas disminuyó a 2560 toneladas en 1996 y para el 2003 fue sólo de 1370.

Las plantas que producen cloro mediante el proceso de cátodo de mercurio se han ido eliminando en todo el mundo. En Japón desaparecieron desde 1986 y los países de la Unión Europea se han comprometido a eliminar el proceso para el año 2010. En los Estados Unidos ya solamente un 10% del cloro que se produce proviene de este proceso. En México, actualmente la industria productora de cloro consume aproximadamente entre cinco y seis toneladas de mercurio al año y se ha fijado la meta de reducir este consumo a la mitad para el año 2011.

Lo anterior ha sido posible por el desarrollo de nuevos métodos electrolíticos en los cuales no sólo se ha eliminado el empleo de mercurio, sino que se captura el hidrógeno que ante-

riormente sólo era un subproducto de la reacción. Cuando el sodio metálico que se produce durante la electrólisis entra en contacto con el agua, se produce hidrógeno elemental e hidróxido de sodio (sosa cáustica). Este hidrógeno elemental puede utilizarse para producir electricidad mediante celdas de combustible.

En Alemania, uno de los países más industrializados del mundo, donde durante décadas se utilizó ampliamente el proceso de cloro-álcali, se está desarrollando un novedoso método de separación del mercurio de aguas o suelos contaminados. Así como hay en nuestro planeta bacterias capaces de vivir en condiciones de elevadísimas presiones en el fondo del mar, o a muy altas temperaturas en la cercanía de los géiseres o los cráteres volcánicos, también hay especies de bacterias capaces de vivir cómodamente en ambientes naturalmente ricos en mercurio. Varias cepas de pseudomona contienen una enzima llamada mercurio-reductasa, capaz de reducir el mercurio (II) a mercurio metálico. El proceso consiste en colocar colonias de esta bacteria en las aguas contaminadas y recolectar las gotitas de mercurio que se van generando.

En cuanto a los termómetros de mercurio, también se observa una tendencia mundial hacia su eliminación. En noviembre de 2006 se decretó en la Unión Europea la prohibición de la venta de este tipo de termómetro para uso clínico, dando un plazo de dos meses para su retiro total del mercado. Existen unos termómetros clínicos basados en el mismo principio que los de mercurio; en lugar de éste utilizan galio, que no presenta problemas de toxicidad, pero es bastante más caro por el momento. Por otro lado, el empleo de termómetros electrónicos para uso clínico se

ha incrementado notablemente en los últimos años. Esperemos que el sector salud en nuestro país tome medidas semejantes en un futuro próximo.

El uso de mercurio como material dental ha sido muy cuestionado en los últimos años, pero los estudios que se han realizado no han llegado a ser concluyentes sobre los posibles efectos dañinos en los pacientes que llevan amalgamas, aunque sí han encontrado algunos casos de profesionales de la odontología con niveles de mercurio por encima de la norma. Existen otros materiales que pueden sustituir a las amalgamas dentales; sin embargo, ninguno de ellos logra competir ventajosamente ni en precio ni en resistencia y durabilidad. Por otro lado, el aumento en la aplicación de fluoruro en los dientes de los niños, que se ha dado a partir de los años 70, ha causado una drástica disminución de la incidencia de caries entre los actuales adultos jóvenes, con la consecuente disminución en el empleo de amalgamas en esta población.

Las lámparas fluorescentes más comunes, de 1.2 m de longitud, han reducido su contenido de mercurio de 48.2 mg por lámpara en 1985 a 11.6 mg por lámpara en 1999, lo que representa una disminución de más del 75% en el uso de este metal. Las nuevas lámparas fluorescentes compactas contienen menos de 5 mg de mercurio. Por otro lado, una lámpara de éstas consume entre la tercera y la cuarta parte de la energía eléctrica que consume una lámpara incandescente para proporcionar la misma cantidad de luz. Tomando en cuenta que para producir esa electricidad se necesita quemar carbón o petróleo que normalmente contienen pequeñas cantidades de mercurio como impureza, se puede demostrar que el uso de lámparas fluorescentes modernas resulta en una menor emisión de mercurio al medio ambiente que el uso de focos comunes. 🐼

Laura Gasque Silva es doctora en química inorgánica. Trabaja en la Facultad de Química de la UNAM, donde imparte cursos en la licenciatura y el posgrado, y realiza investigación en química de coordinación y bioinorgánica.