

PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE CON METALES PESADOS

EL CASO DEL MERCURIO Y SUS COMPUESTOS

Por el Ing. Luis Soria Puente, Área de Riesgos Químicos del Centro Nacional de Prevención de Desastres

En diversas regiones del planeta se han presentado casos de intoxicación e inclusive envenenamiento masivo de la población debido a la exposición a mercurio o compuestos derivados de este elemento por diferentes vías, primordialmente por la ingesta de alimentos que contenían algún tipo de estas sustancias.

Es por ello que se considera relevante proponer acciones preventivas que puedan ayudar a evitar y/o minimizar daños a la población en general; por esta razón se analizaron los episodios de mayor contaminación, para que el sector científico internacional se enfoque a estudiar el fenómeno y diseñe acciones que ayuden a las comunidades afectadas a rehabilitar las zonas contaminadas, cuando esto es posible de llevar a cabo.

En lo que respecta a México, es importante señalar que el Mercurio ha sido una de las sustancias tóxicas seleccionadas junto con el DDT, el Clordano y los Bifenilos Policlorados (BPC's) por los países integrantes del Tratado de Libre Comercio (TLC, formado por México, Estados Unidos y Canadá) para eliminar o reducir su uso, (CCA, 1996).

La selección del Mercurio, DDT y el Clordano como sustancias tóxicas, es parte de la Resolución 95-5 del Consejo de

Ministros de la Comisión para la Cooperación Ambiental de estos tres países. Además de la identificación de las tres sustancias adicionales, la resolución incluye elaborar programas regionales para el manejo de los BPC's, la elaboración de planes regionales de acción para estas cuatro sustancias y la depuración de los criterios para identificar otras sustancias tóxicas persistentes. (CCA, 1996)

Esto sienta un precedente, ya que es la primera vez que los tres países firmantes del TLC acuerdan acciones conjuntas para el manejo de sustancias tóxicas. Aunque se han realizado diversas acciones en cada país para el manejo adecuado de estas sustancias.

Una de las limitantes para lograr un estudio integral del problema a nivel mundial fue que los resultados de las investigaciones se publicaron en gran diferentes idiomas, lo que había impedido su integración; por ello en este documento se han conjuntado por primera vez las investigaciones realizadas en los siguientes idiomas: inglés, francés, japonés, portugués y español.

Debido a sus características, el mercurio ha sido considerado como uno de los materiales de mayor peligrosidad tanto para el ambiente como para la salud de los seres vivos, además de que

varios autores, han señalado que el mercurio dio origen al "mayor y más famoso incidente de daño a la salud originado por la contaminación ambiental" la llamada *Enfermedad de Minamata* y este episodio generó la aplicación de medidas más restrictivas en el manejo de materiales que presentan un comportamiento similar al del citado metal y a la de la familia de sus compuestos en cuanto a las propiedades peligrosas.

FUENTES DE EXPOSICIÓN HUMANA Y AMBIENTAL AL MERCURIO Y SUS COMPUESTOS

Existen dos tipos de fuentes de exposición a estas sustancias: Las naturales y las antropogénicas. En cuanto a las naturales se sabe que el mercurio proviene de la desgasificación de la corteza terrestre a través de los gases volcánicos alcanzando niveles de 25 000 y 125 000 toneladas anuales, así como de la evaporación de los océanos. Es importante señalar que existen grandes yacimientos de mercurio en zonas de actividad volcánica como son el Cinturón de Fuego, la cordillera Pacífico Oriental, el Arco Mediterráneo - Himalaya y la Cordillera Mesoatlántica (WHO, 1989).

El mercurio y sus compuestos también se han utilizado desde

tiempos remotos en varias actividades humanas, como testimonio de ello se tienen documentos escritos por Aristóteles en el siglo IV A. de C., detallando el uso de este elemento en ceremonias religiosas. Se tiene conocimiento que antes de ello se aplicaba el vermellón (sulfuro de mercurio) como pigmento para decoración corporal y de las cuevas como lo señala Plinio en Roma en el primer siglo de nuestra era (WHO, 1989).

Sus aplicaciones en cosméticos y en preparaciones medicinales y de amalgamas también fueron conocidas por los egipcios, griegos y romanos. Por otra parte, los árabes hicieron gran uso de él en el tratamiento de enfermedades dérmicas crónicas con base en derivados de mercurio.

El consumo de mercurio se vio incrementado por el desarrollo metalúrgico, como es el caso del proceso de Patio en el siglo XVI utilizado para la recuperación de la plata por el método de la amalgama. Cabe destacar que las aplicaciones científicas del mercurio como el barómetro inventado por Torricelli en 1643 y el termómetro de mercurio inventado por Fahrenheit en 1720 sirvieron para incrementar aún más su demanda.

La continua investigación de las propiedades físicas y químicas de estos materiales rápidamente

trajo consigo la diversificación de sus usos industriales después de 1900, particularmente en la industria eléctrica en donde la invención de la pila de mercurio en 1944 inmediatamente provocó un profundo y continuo aumento en el consumo del mercurio. Durante la primera mitad del siglo XX, los usos primarios terapéuticos del mercurio incluían preparaciones bactericidas, tales como cloruro de mercurio, oxicianuro de mercurio y óxido de mercurio y diuréticos como el novasural y derivados alílicos mercuriales. A continuación se señalan las principales industrias en donde se manejan sustancias que contienen mercurio en su composición:

- > Industria Minera
- > Industria del Cloro
- > Industria de la Pulpa y el Papel
- > Industria Eléctrica y de Pinturas
- > Industria de los Agroquímicos

Otras fuentes de exposición humana y ambiental son a través de las obturaciones con amalgamas dentales, la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1989) ha estimado que en los países industrializados se consumen cerca del 3% del mercurio en forma de amalgamas dentales. Las amalgamas se han utilizado como material de relleno de dientes por más de 100 años. Además, la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades de Estados Unidos (ATSDR, por sus siglas en inglés), señala que las amalgamas dentales contienen cerca del 50% de mercurio metálico (USATSDR, 1994).

Algunas otras actividades humanas que no se encuentran relacionadas directamente con el procesamiento del mercurio también contribuyen a las descargas sustanciales de este material al ambiente como es el caso de: la quema de combustibles fósiles, la producción de acero, cemento y fosfato, así como la fundición de metales de sus menas sulfuradas.

También cabe destacar que algunos compuestos de mercurio como son los alquil mercurícos han sido utilizados en la agricultura, principalmente como fungicidas. A pesar de que el uso del mercurio y sus compuestos se ha estado reduciendo en la mayor parte del mundo, aún se encuentran presentes altas concentraciones del metal en sedimentos asociados con las aplicaciones industriales de este.

Recientemente en México se ha detectado otra fuente de exposición por el uso de derivados mercuriales en la elaboración de cremas de uso dérmico que estaban a la venta para consumidoras ávidas de productos de embellecimiento y rejuvenecimiento, ocasionándoles en algunos casos problemas de salud

A continuación se señalan tres de los episodios mundiales en los que se han visto involucrados el mercurio y sus compuestos, el de Japón se seleccionó por ser el que ha sido reconocido como el de mayor magnitud en el mundo, el de Brasil por pertenecer a nuestro continente y representa además el problema de mayor impacto ambiental en la actualidad y el caso de México por ser el de más reciente aparición y por impactar directamente a la salud de los habitantes de nuestro país.

JAPÓN

En Minamata, Japón se presentó la mayor epidemia de envenenamiento ocasionada por metilmercurio y otros compuestos de mercurio que eran descargados a la Bahía de Minamata por una industria que utilizaba mercurio como catalizador para la fabricación de acetaldehído, estos compuestos posteriormente se bioacumulaban en los peces que consumía la población.

Se ha considerado Minamata como el caso de mayor impacto a la comunidad y al ambiente, además de ser el primero que ha sido reconocido oficialmente (previamente se habían presentado

intoxicaciones aisladas y exposición laboral en Inglaterra e India), esto se debe a que a partir de 1953 los habitantes de aldeas pesqueras alrededor de la Bahía de Minamata comenzaron a presentar entumecimiento de los dedos y frecuentemente también en la lengua y en la boca, así como marcha atáxica, seguida de defectos en el habla, disfagia, sordera y constricción del campo visual.

Sin embargo no fue hasta 1956 que el gobierno, por la presión popular y las evidencias de científicos que se sentían comprometidos con el bienestar de la comunidad aceptó oficialmente que en esa región se estaba enfrentando el problema de contaminación por metilmercurio debido a las descargas del catalizador el cual estaba elaborado a base de mercurio (Harada, 1974).

De diciembre de 1953 a octubre de 1960, se notificaron 111 casos a la Agencia de Epidemiología local, en ese periodo se presentaron un total de 41 decesos, correspondiendo a un coeficiente de letalidad de 36.9% a la fecha de la evaluación (diciembre de 1965), un año después de la gran irrupción de la enfermedad nacieron en el área un número significativo de infantes con parálisis cerebral, los cuales fueron identificados como víctimas del mismo síndrome adquirido prenatalmente aún cuando la madre no tenía manifestaciones del mismo. Este era más severo que la forma que se presentaba en los adultos, ya que sus víctimas generalmente tenían alteraciones significativas a nivel intelectual y de los reflejos, convulsiones y de índole electroencefalográficas (Harada, 1986).

Todos estos acontecimientos se fueron haciendo públicos a pesar de los esfuerzos estatales de evitar que salieran a la luz pública. Las organizaciones no gubernamentales fueron especialmente importantes para alcanzar los logros y obtener

TABLA 1. CANTIDAD DE MERCURIO DEPOSITADO EN RÍOS Y EMITIDO A LA ATMÓSFERA EN LA REGIÓN DEL AMAZONAS

Actividad	Volumen Kg/año	Mínimo Estimado ** kg/año	Máximo Estimado*** Kg/año
Producción Au	12 147	72 832	91 176
Hg depositado en los ríos	7 88	43 729	58 306
Hg emitido a la atmósfera	8 746	52 475	69 967
Total de descargas en Hg	16 034	96 204	128 273

* Cifras oficiales

** Basado en la mínima producción de Au/Hg depositado

*** Basado en la máxima producción de Au/Hg depositado

Adaptada de Pfeiffer, W.C y Drude de Lacerda (1988) Mercury Inputs into the Amazon Region, Brazil. Environmental Technologies Letters, Vol. 9 pp 325-330

indemnizaciones, en algunos casos de tipo parcial por los daños ocasionados. Es importante señalar que este incidente ocurrió durante el período en el que el gobierno de Japón estaba tratando conservadoramente y a cualquier precio de sobreponerse a la deuda externa del país, que se había generado a raíz de la segunda Guerra Mundial. El sistema no se interesaba en publicitar las acciones civiles y criminales de la compañía química responsable de la contaminación ambiental que afectó a los peces y como resultado a aquéllos que los ingerieron (U1, 1972) El Dr. U1 Jun de la Universidad de Tokio, basado en los estudios realizados por el médico de la empresa Dr. Hajime Hosokawa (quien a pesar de tener el conocimiento del agente causal de la enfermedad no lo hizo saber a la población, ocasionando que el problema se incrementara) señala que

- a) El primer caso conocido de la enfermedad apareció a fines de 1953 y varios casos se detectaron subsecuentemente en el mismo distrito.
- b) Para 1956 la enfermedad alcanzó proporciones epidémicas.

- c) Los síntomas observados eran nuevos y desconocidos en la literatura médica
- d) Algunos síntomas similares se observaron en los gatos de la misma aldea antes de que fueran detectados en los seres humanos. Los gatos enfermos frecuentemente de lanzaban al mar y se ahogaban.
- e) Las víctimas primordialmente eran pescadores o sus familias que también se dedicaban a esa actividad. Además, se presentaba una tendencia de irrupciones sucesivas de la enfermedad en los integrantes de estas familias.
- f) El principal elemento de la dieta de todas las víctimas era el pescado fresco de la Bahía de Minamata
- g) La enfermedad no es infecciosa y la causa era la intoxicación de los pescados y moluscos por mercurio. (U1, 1972)

A pesar de que este año se cumplieron 4 décadas de que fue reconocida la primera epidemia ocasionada por ingesta de derivados de mercurio (metil mercurio) en el mundo, aún hay víctimas que no han podido

obtener el reconocimiento como tal, ni la consiguiente compensación económica por el daño a su salud.

Hasta 1993 se habían reconocido oficialmente 2 255 pacientes, de los cuales 1 096 ya han fallecido y hay más de 15 000 pacientes bajo sospecha de tener *Enfermedad de Minamata* incluyendo a los que se les ha rechazado su solicitud para reconocimiento oficial y aquellos cuya solicitud está pendiente de ser analizada

BRASIL

La contaminación por mercurio en la región del Amazonas representa actualmente uno de los problemas de salud y del ambiente más serios que enfrenta la población en general del planeta. La mayor parte de las emisiones de mercurio en esta región se derivan de las operaciones mineras realizadas por los mineros informales denominados "garimpeiros". Estas actividades tienen lugar algunas veces en zonas mineras legalmente designadas pero la mayor parte de las veces se realizan en áreas fuera de los límites de esas actividades como son los parques nacionales, reservas de indígenas, etc

En la actualidad hay más de 2000 zonas mineras "garimpos" que están siendo explotadas en la región legal del Amazonas: el

contingente humano involucrado en esta actividad económica asciende a más de 4.5 millones. Ellos también, son los responsables del mayor consumo de acero y aceite diesel per cápita en toda Sudamérica, así como de otros bienes. Anualmente se utilizan más de 25 000 unidades de equipo para la minería, 20 helicópteros, 750 aviones y 10 000 embarcaciones tipo bote todo ello con la finalidad de producir en esta región un promedio de 100 toneladas de oro (Ferrari, 1984).

Los costos ambientales que se han tenido que pagar por esta producción se han medido hasta ahora tomando en cuenta que se han descargado al ambiente más de 170 toneladas de mercurio anualmente. La contaminación por mercurio se presenta a una tasa de alrededor de 1 kilogramo por kilo de oro producido derivado de la inadecuada destilación de la amalgama (80%) y de la descarga de los jales con amalgama (20%). En la Tabla 1 se pueden apreciar los valores de Hg depositado y el total de las descargas de esta sustancia tomadas con valores estimados máximos y mínimos (Pfeiffer, 1988).

El proceso para la obtención del oro por la amalgamación del mercurio metálico con sedimento fluvial, preconcentrado en forma gravimétrica y la posterior separación de la amalgama por

TABLA 2. TONELADA ANUALES DE MERCURIO GENERADAS POR CADA FUENTE

Fuente	Ton/año de Hg
Natural	2 700*
	6 000*
Antropogénica	630*
	2 000*
Áreas de minería del oro en el Amazonas	50-70

* Del estudio realizado por Pacyna, 1984

** Del estudio realizado por Scope, 1985

Adaptada de Pfeiffer, W.C y Drude de Lacerda (1988) Mercury Inputs into the Amazon Region, Brazil. Environmental Technologies Letters, Vol. 9 pp 325-330

quema o volatilización del mercurio. En este proceso por cada kilogramo de oro producido se liberan al ambiente cerca de 1.4 Kg de mercurio, Originando que cerca de 50 a 70 toneladas anuales de mercurio sean emitidas al ambiente por esta actividad. Al comparar estas cifras con las estimaciones de las contribuciones antropogénicas de mercurio al ambiente, que varían de 630 a 2 000 toneladas anuales, el tratamiento del oro con mercurio en el territorio brasileño podría estar contribuyendo con 1 a 7% de la participación antropogénica global (Pfeiffer 1988), como se muestra en la Tabla 2

Una vez evaporado el mercurio puede permanecer en la atmósfera durante un período de 6 a 24 meses en un clima seco, de cualquier forma las reacciones que tienen lugar en las nubes se realizan más rápidamente que el tiempo de residencia, lo que ocasiona que el mercurio retorne a la tierra en forma de lluvia. El mercurio evaporado o calentado en las operaciones mineras para la extracción del oro puede viajar largas distancias con la subsecuente precipitación por las tormentas de lluvia tropical. Conforme el agua de lluvia es rica en especies de Hg (II) formadas por la oxidación de Hg⁰ se presenta la contaminación de peces en áreas remotas del Amazonas en donde las condiciones son las adecuadas para la subsecuente metilación

Cuando se desecha el mercurio con los residuos de la amalgama, la movilidad relativamente baja del mercurio metálico en las corrientes de agua naturales crea puntos con concentraciones muy altas de este material (puntos calientes). Cuando el amalgamado se realiza a bordo de lanchas de dragado, algunos mineros vierten los residuos contaminados al río formando manchas de mercurio con alta concentración de esta sustancia. Estas manchas se pueden identificar en el fondo de los arroyos o cerca de sus

márgenes. Este mercurio metálico tiene que oxidarse para crear las condiciones para la metilación en los sedimentos. Cuando estas áreas de alta concentración de mercurio se secan o drenan y se exponen a temperaturas superiores a los 30 °C como en la región del Amazonas, la evaporación puede ser un medio importante por el cual el mercurio se dispersa a través de la selva (Hacon 1990).

Las perspectivas para solucionar este problema en Brasil no son alentadoras. Las alternativas de conocimiento técnico para manejar la situación son realmente complejas y no parecen ofrecer la posibilidad de adoptar una solución adecuada dependiendo sólo de los esfuerzos intrasectoriales. Sería recomendable además tomar ciertas medidas como son:

- > Impedir la prospección del oro en el ambiente
- > Impedir el uso del mercurio en las prospecciones de oro
- > Impedir el uso del mercurio en la búsqueda de oro al menos que se utilicen las retortas adecuadas

En cualquiera de estas alternativas que se utilice es obligatorio que se incluya el costo social de la prospección,

especialmente enfocado a la degradación ambiental, destrucción de los recursos y el daño a la salud humana.

MÉXICO

En lo que respecta al caso de México se ha señalado que en fechas recientes las autoridades mexicanas (a través de la Secretaría de Salud) han decomisado casi 35 mil envases de una crema de belleza que contiene cloruro de mercurio (este compuesto es conocido comúnmente como calomel), personal de la Oficina de Salud del estado de Tamaulipas ha señalado que "no se ha logrado retirar del mercado por la oposición de los usuarios, aunque en el Paso, Texas, se confirmaron casos de daños físicos por su uso". Según las investigaciones 48 personas de la citada entidad estadounidense han estado expuestas a niveles elevados del referido producto, mil veces por encima del máximo permitido en Estados Unidos y esto se ha confirmado por los altos índices de mercurio detectados en la orina de los afectados. (Excelsior, 1996).

La producción de la crema se realiza en México: sin embargo, se han detectado casos de su venta en tiendas de Arizona y Nuevo

México. El Departamento de Salud de El Paso, Texas detectó a poco más de 230 individuos de ambas entidades y de California, que reportaron haber estado expuestos al producto, y de 133 a quienes se les efectuaron pruebas, el 89% presentó niveles elevados de mercurio. (Excelsior, 1996).

Bibliografía

- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) (1996) *Acción Conjunta de la CCA en tres sustancias químicas más*, en Boletín del Secretariado Vol 2, No 3
- Excelsior. (1996) *Decomiso ya la SSA 35 mil envases de un cosmético que contiene Mercurio* 27, julio México
- Ferrari, (1984) *Investigação de Genotoxicidade em pessoas profissionalmente expostas ao mercúrio em garimpos da Amazonia Legal*. Instituto de Ciencias biológicas Brasília.
- Hacon, (1990) *Seminário Nacional Riscos e Consequências do Uso do Mercúrio*. Ministério da Saúde. Rio de Janeiro.
- Harada, M., (1974) *Minamata Byo no shundan nitsute*. No to Hattatsu, No 6-5. Japón
- Harada, M., (1986) *Minamata Byo dainji sosho kousoshin hanketsu to hoshu mondai*. Kougai Kenkyu No. 15-3, Japón
- Harada, M., (1992). *Minamata Byo no saikin no doukou*. Kougai Kenkyu. No 21-3 Japón
- Sora, L. (1996). *Metodología para la Prevención de Accidentes y Daños a la Salud y al Ambiente Ocasionados por Mercurio o sus Compuestos*. CENAPRED México.
- Uj, Jun, (1972). *Minamata Disease en Kogai Newsletter from Polluted Japan*. Tokio
- U S Department of Health and Human Services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, (1 994). *Toxicological Profile for Mercury* (Update) Atlanta
- World Health Organization, (1989). *Environmental Health Criteria 86, Mercury- Environmental Aspects*. Ginebra.

CONCLUSIONES

Analizar los episodios de contaminación con mercurio y sus compuestos que se han reportado en la literatura, facilita la adopción de medidas en caso de presentarse alguna situación similar con estas sustancias y además permite tomar medidas de prevención. Destaca el hecho de que en un mismo país se han suscitado situaciones similares de contaminación lo que es indicativo de la falta de este tipo de acciones.

En otros casos en países distintos se han presentado problemas similares, como es aquellos en los que se utilizan tecnología que en parte de sus procesos involucran al mercurio o sus compuestos, en estos casos se recomienda analizarlos y ver la posibilidad de implementar tecnologías alternativas o bien sustituir el uso de estos materiales.

Por otra parte también se tiene conocimiento de daños a la salud ocasionados por la ingesta de alimentos debido a que durante la etapa de crecimiento de los productos agrícolas fueron tratados con compuestos mercurícos y posteriormente se utilizan para elaborar alimentos generándose intoxicaciones masivas en la población como son los casos de Paquistán, Guatemala, etc.

Ha sido largo el camino desde el episodio de Minamata; sin embargo, aún enfrentamos problemas por el mal manejo de estas sustancias; aún se está a tiempo de poder realizar acciones que reflejen de una manera más real la preocupación por el cuidado de la salud humana y del ambiente.