

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD

COOPERACIÓN TÉCNICA ENTRE
BRASIL, BOLIVIA Y COLOMBIA:
Teoría y Práctica para el Fortalecimiento
de la Vigilancia de la Salud de
Poblaciones Expuestas a Mercurio

La Paz
2011

COOPERACIÓN TÉCNICA ENTRE BRASIL, BOLIVIA Y COLOMBIA: Teoría y Práctica para el Fortalecimiento de la Vigilancia de la Salud de Poblaciones Expuestas a Mercurio



BRASIL

Ministerio de Salud

Dr. Alexandre Padilha
Ministro de Salud

Dr. Guilherme Franco Netto
Departamento de Vigilancia en
Salud Ambiental e Salud del
Trabajador
Dra. Daniela Buosi Rohlfs
Coordinación General de
Vigilancia en Salud Ambiental

Representación de OPS/OMS

Ing. Diego Victoria
Representante OPS/OMS en Brasil

Ing. Alysson Lemos
Consultor Nacional de Desarrollo
Sostenible y Salud Ambiental



BOLIVIA

Ministerio de Salud y Deportes

Dra. Nila Heredia
Ministra de Salud y Deportes

Dr. Nicanor Jové
Instituto Nacional de Salud
Ocupacional, INSO/MSD;
Lic. Casto Villaroel
Dirección de Promoción de la Salud/
MSD

Representación de OPS/OMS

Dr. Michel Thieren
Representante OPS/OMS en Bolivia

Ing. Ricardo Torres
Asesor Desarrollo Sostenible y Salud
Ambiental



COLOMBIA

Ministerio de Salud y Protección Social

Dr. Mauricio Santamaría
Ministro de Salud y Protección Social

Dr. Arturo Díaz
Dra. Andrea Soler
Coordinación de Salud Ambiental
Dra. Marcela Varona
Instituto Nacional de Salud

Representación de OPS/OMS

Dra. Ana Cristina Nogueira
Representante OPS/OMS en Colombia

Dr. Teófilo Monteiro
Asesor Desarrollo Sostenible y Salud
Ambiental

© 2011 Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS)

Todos los derechos reservados. Se permite la reproducción total o parcial de esta obra, siempre y cuando se cite la fuente y que no sea para la venta o fines comerciales.

La responsabilidad por los derechos autorales de los textos e imágenes de esta obra es del área técnica.

Tiraje: 1ª edición – 2011 – 500 ejemplares (Bolivia)

Elaboración, edición y distribución:
Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS)

Dirección: Calle Víctor Sanjinéz No. 2678, Edif. Barcelona, Piso 6, Plaza España, Sopocachi, La Paz, Bolivia

Producción editorial
Capa, proyecto gráfico, diagramación y revisión: All Type Assessoria Editorial Ltda, Brasil

Impreso en Bolivia/Printed in Bolivia

ISBN:
Deposito Legal:

Catalogado por el Centro de Información y Documentación OPS/OMS Bolivia

BO	Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial
WA440	de la Salud.
L55c	Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia: teoría y práctica para el fortalecimiento de la vigilancia de salud de poblaciones expuestas a mercurio. -- La Paz, OPS/OMS, 2011
	I. VIGILANCIA DE LA SALUD
	II. SISTEMAS DE INFORMACION
	III. MERCURIO
	IV. INTOXICACION POR MERCURIO
	V. COOPERACION TECNICA
	VI. BRASIL
	VII. BOLIVIA
	VIII. COLOMBIA

CONTENIDO

- 5 **PRESENTACIÓN**
- 7 **Capítulo 1: El Mercurio**
- 15 **Capítulo 2: Toxicodinámica y toxicocinética**
- 21 **Capítulo 3: Efectos tóxicos del mercurio**
- 29 **Capítulo 4: Valores de referencia**
- 39 **Capítulo 5: Biomarcadores de exposición a mercurio**
- 47 **Capítulo 6: Metodologías de análisis de mercurio**
- 61 **Capítulo 7: Grupos de poblaciones expuestas al mercurio**
- 69 **Capítulo 8: Sistemas de información para notificación de intoxicación y exposición humana a las sustancias químicas**
- 83 **Capítulo 9: Criterios para diagnosticar las intoxicaciones por mercurio en poblaciones expuestas**
- 95 **Resumen de la cooperación técnica y recomendaciones**



PRESENTACIÓN

El mercurio es un metal que se encuentra ampliamente distribuido en los diferentes sistemas ambientales y es utilizado de diversas maneras por el hombre. Sin embargo, este metal representa una seria amenaza para la salud humana, por ser altamente bioacumulable y por tener múltiples efectos adversos.

Desde 2009, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), junto con la Organización Mundial de la Salud (OMS), a través del Comité Intergubernamental de Negociación sobre el mercurio (INC) viene uniendo fuerzas para establecer la prohibición y restricción del uso de mercurio y sus compuestos en los países miembros de la ONU. Entre los muchos temas tratados en el INC, la salud pública tiene un papel importante, pues cubre temas que van desde la identificación de las poblaciones en riesgo de exposición hasta la comunicación de riesgos del mercurio y el abordaje de la comunidad para los grupos de poblaciones expuestas.

Varios países latinoamericanos han sido y son reconocidos mundialmente como principales extractores de oro y minerales, lo que siempre ha estado relacionado con el uso incontrolado del mercurio en los procesos mineros, situación que ha dado lugar a graves problemas de contaminación ambiental y de salud por la exposición humana. La región amazónica ocupa un lugar destacado en este escenario.

En este contexto, y aunado el deseo de países como Brasil, Bolivia y Colombia por fortalecer sus sistemas de salud para trabajar y enfrentar este problema, se preparó un convenio de cooperación técnica entre los tres países, organizado por la OPS / OMS para fortalecer la vigilancia de la salud de las poblaciones expuestas al mercurio. Se identificaron cuatro prioridades, necesarias para fortalecer la vigilancia de la salud de tales poblaciones, a saber: 1) Vigilancia de la salud (definición y aplicación de instrumentos de notificación de casos; establecimiento de los sistemas de información; percepción y comunicación de riesgos). 2) Metodologías analíticas para la cuantificación del mercurio (intercambio de técnicas y metodologías analíticas para la cuantificación de mercurio; control de calidad). 3) Investigación (priorización de líneas de investigación sobre el mercurio; divulgación de la información). 4) Atención en salud (establecimiento de protocolos de diagnóstico y manejo clínico).

Como resultado de esta cooperación técnica surge esta publicación, construida conjuntamente por investigadores de los tres países y cuyo objeto es proporcionar información valiosa para la aplicación práctica de los conocimientos sobre la identificación de los grupos de riesgo a la exposición del mercurio, metodologías analíticas para la cuantificación de este metal y la notificación de casos de exposición e intoxicación en los sistemas públicos de vigilancia de la salud en los países involucrados.

El documento está estructurado en nueve capítulos: en los primeros se presenta una breve revisión del mercurio y sus características, relacionadas tanto con su toxodinámica como su toxicocinética, sus efectos sobre la salud, los principales biomarcadores de

exposición para identificar las poblaciones expuestas, seguido por una profundización de las técnicas analíticas de cuantificación del mercurio. A continuación, el documento aborda los principales grupos de la población expuesta en cada país, descripción de los procedimientos, flujos y herramientas utilizadas para notificar los casos de intoxicación por exposición a los sistemas de vigilancia respectivos. Finalmente, el documento termina con una descripción de los criterios para el diagnóstico clínico de las poblaciones expuestas al mercurio.

Esperamos que esta publicación no solo se convierta en referencia teórica y práctica de la cooperación técnica de los países participantes, sino también para el resto de los países de la región, especialmente en los países de la región amazónica.

Dr. Michel Thieren
Representante OPS/OMS en Bolivia

Capítulo 1: El Mercurio

Alysson Lemos

Organización Panamericana de la Salud, Brasil

Franz Granados Troche

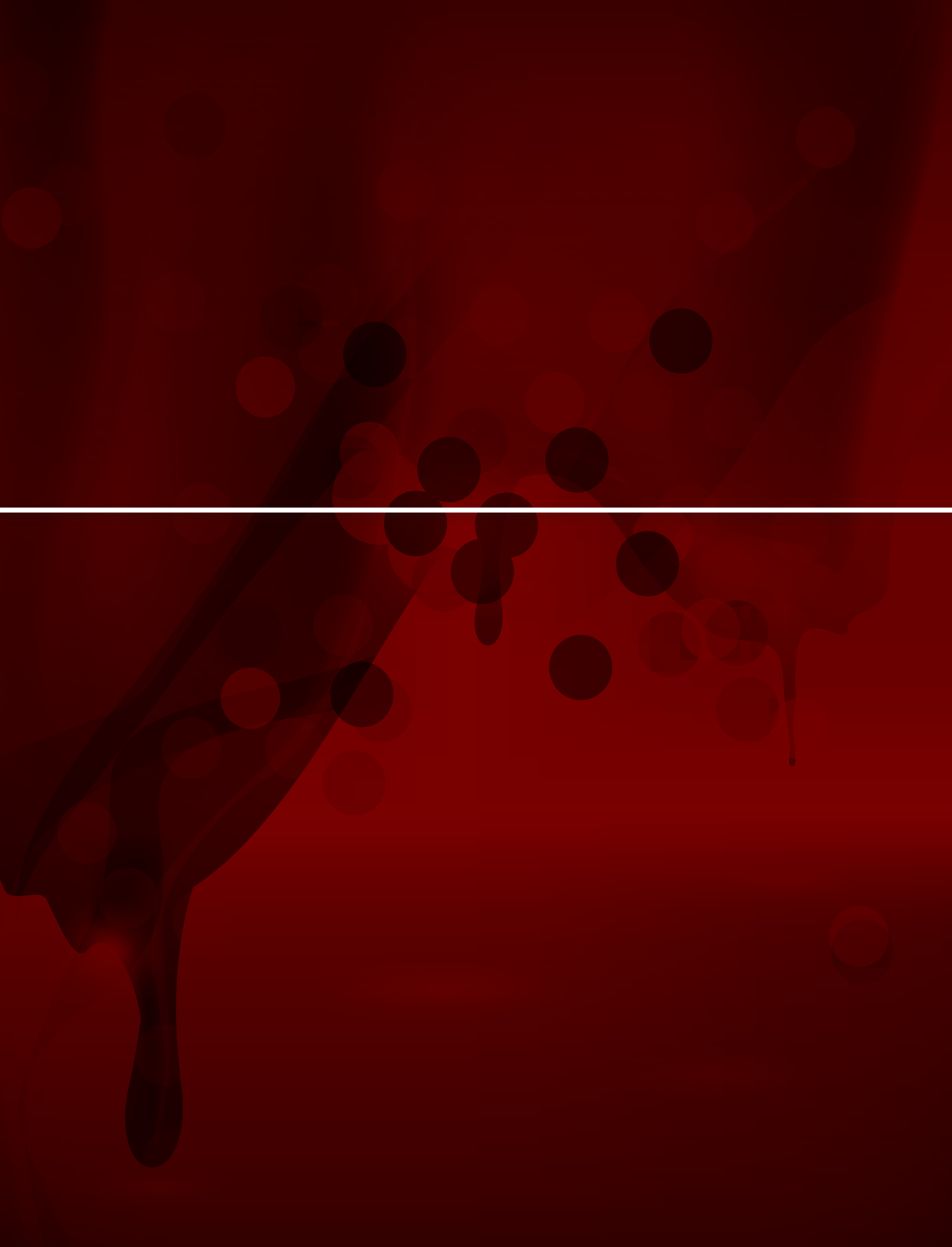
Instituto Nacional de Salud Ocupacional (INSO), Bolivia

Pamela Paco Velasco

Investigadora asociada IRD, Bolivia

Ruth Marién Palma Parra

Instituto Nacional de Salud de Colombia



El mercurio es un metal que está naturalmente en el medio ambiente en diferentes formas; puede clasificarse en tres grupos: mercurio metálico o mercurio elemental, mercurio inorgánico y mercurio orgánico. El mercurio metálico es un metal brillante, blanco-plateado, que se presenta en forma líquida a temperatura ambiente ¹. Es altamente denso, con una densidad de 13,521 g/mL, poco soluble en agua, con mucha capacidad de acumularse en el sedimento de los cursos de agua ².

Los compuestos inorgánicos de mercurio aparecen cuando este se combina con elementos como cloro, oxígeno y azufre. Estos compuestos son también llamados sales de mercurio. La mayoría de los compuestos inorgánicos de mercurio son polvos blancos o cristales, excepto el sulfato de mercurio, también conocido como cinabrio o cinabarita, que es rojo, variando a negro después de la exposición a la luz. Cuando el mercurio se combina con carbono, los compuestos formados son llamados “orgánicos”, compuestos de mercurio u organomercuriales. Hay un número potencialmente grande de compuestos organomercuriales, sin embargo, el más común en el medio ambiente es el metilmercurio, también conocido como monometilmercurio. En la tabla 1 se muestran las principales características químicas del mercurio.

Tabla 1 Propiedades químicas del mercurio

Nombre común	Mercurio			
Símbolo químico	Hg (del término en desuso “hidrargirio”)			
Aspecto	Líquido plateado			
Fuente natural	En la naturaleza existe como sulfuro de mercurio (cinabrio rojo), de arsénico (rejalgar), hierro (piritas), mixto (metacinabrio negro), de antimonio (estibina), también directamente unido a minerales de zinc, cobre, oro y plomo.			
Peso atómico	200,61 g/mol			
Estado físico	Líquido (a temperatura ambiente)			
Aspecto (color y olor)	Plateado sin olor característico			
Punto de fusión	-38,87 °C			
Punto de ebullición	356,9 °C			
Densidad	13,52137 g/cm ³ a 25 °C			
Presión de vapor	0,00000277 atmósferas a 25 °C (0,000002811 bares o 0,2811 Pa)			
	0,00000852 atmósferas a 40 °C (0,000008626 bares o 0,862585 Pa)			
Volumen específico del vapor saturado de mercurio	$31670 \frac{m^3 \text{ VAPOR}}{Kg \text{ Hg}^0}$	equivalente a:	$31.57 \frac{mg \text{ Hg}^0}{m^3 \text{ VAPOR SATURADO DE Hg}^0}$	(a 30 ° C)
	$70260 \frac{m^3 \text{ VAPOR}}{Kg \text{ Hg}^0}$	equivalente a:	$14.23 \frac{mg \text{ Hg}^0}{m^3 \text{ VAPOR SATURADO DE Hg}^0}$	(a 20 ° C)
Tensión superficial	4840 μN (484 dinas/cm), 6 veces más que la del agua			
Solubilidad del mercurio	El mercurio elemental (Hg ⁰) es soluble en ácidos oxidantes como el ácido nítrico (HNO ₃), ácido sulfúrico concentrado (H ₂ SO ₄) y agua regia (HNO ₃ + H ₂ SO ₄). Es insoluble en ácido clorhídrico (HCl). El vapor de mercurio es más soluble en plasma, sangre y hemoglobina que en agua destilada o en solución salina isotónica. Su vida media en sangre es de 70 días. El mercurio y los alquilmurcuriales (metilmercurio, etilmercurio) presentan gran afinidad por los grupos sulfhidrilos.			

Fuente: Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones agudas por mercurio⁶

Las formas naturales de mercurio más comúnmente encontradas en el medio ambiente son: mercurio metálico, sulfato de mercurio, cloruro de mercurio y metilmercurio. Algunos

microorganismos en procesos naturales pueden alterarlo y convertirlo en metilmercurio. Este es particularmente preocupante debido a su característico poder de bioacumulación en peces de agua dulce y agua salada, y en mamíferos marinos a niveles muchas veces superiores a los encontrados en el ambiente. Hasta la década de 1970, los compuestos de metilmercurio y etilmercurio fueron utilizados para proteger los granos contra el ataque de hongos. Sin embargo, una vez que fueron conocidos los efectos adversos para la salud, se prohibió su uso como fungicida ¹.

Las fuentes antropogénicas de mercurio contribuyen significativamente con los niveles de mercurio en el ambiente e incluyen operaciones de extracción de oro, procesos industriales, quema de combustibles fósiles, producción de cemento, incineración de productos químicos, de servicios de salud y de residuos urbanos. Hoy, los niveles de mercurio en la atmósfera son entre 3 y 6 veces superiores a los niveles anteriores a la industrialización ³.

Actualmente, entre los usos del mercurio podemos destacar su utilización como catalizador en la producción electrolítica de cloro y de soda cáustica en la industria cloroalquina. También es usado en baterías domésticas, en varios tipos de lámparas eléctricas –incluyendo las fluorescentes y las de descarga de alta densidad–, en interruptores, rectificadores y termostatos eléctricos, en bombas de difusión a vapor de mercurio, manómetros, barómetros y otros tipos de instrumentos de presión, medición y calibración usados en laboratorios analíticos, de investigación química, física y biológica, en tubos de rayos X, válvulas de radio, dispositivos de navegación, en amalgamas dentales, en pigmentos, como catalizador en reacciones poliméricas, en explosivos, en medicamentos y aplicaciones químicas, en minas de oro y plata, en la producción de ácido acético y acetaldehído a partir de acetileno, en taxidermia, en fotografía, en pintura y en la producción de seda artificial ⁴.

Son varios los compuestos de mercurio usados en formulaciones farmacéuticas (sales a base de nitrato, yodo, cloruro, cianuro sulfato, tiocianato, bromuro, acetato), y maquillaje, que en total suman cerca de 200 productos registrados en EE. UU. Son usados principalmente como conservantes en soluciones nasales, oftálmicas, vacunas y productos inyectables ⁴.

En la tabla 2 se presentan diversas formas de mercurio y sus respectivos usos.

Tabla 2. Compuestos de mercurio y sus principales usos

Mercurio metálico o elemental	
Mercurio metálico Hg ⁰	Industria cloro-soda Explotación de oro Equipos eléctricos (pilas, baterías, interruptores, acumuladores) Fabricación de máquinas e instrumentos científicos y de laboratorio (termómetros, pirómetros e higrómetros, pluviómetros) Cementos y amalgamas usados en odontología y demás productos de obturación dental Productos químicos para fotografía, películas, placas sensibilizadas y papeles fotográficos. Lámparas y tubos de rayos ultravioleta o infrarrojo Lámparas y tubos de descarga, fluorescentes y de otros tipos
Mercurio inorgánico o sales de mercurio	
Sulfuro mercúrico HgS	Pintura artística, instrumental científico, aparatos eléctricos, ortodoncia
Óxido de mercurio HgO	Pilas y baterías eléctricas Pomadas antisépticas Pinturas protectoras para cascos de navíos Catalizador de reacciones químicas Bactericida, fungicida, pesticida (prohibidos)
Cloruro de mercurio HgCl	Pomadas antisépticas, porcelana amalgamada, electrodos, insecticidas, bactericidas, pinturas nacaradas, fuegos artificiales, purgante, diuréticos y antihelmintos
Cloruro de mercurio HgCl ₂ (sublimado)	Corrosivo usado como desinfectante, curtimiento de cuero, conservación de madera, despolarizador de baterías secas, galvanoplastia, fotografía, catalizador de reacciones orgánicas, reacciones en química analítica
Cloroamido de mercurio Cl(NH ₂) ₂ Hg	Industria cosmética y farmacéutica
Fulminato de mercurio Hg(CON) ₂	Detonador de armas (corrosivo y venenoso)
Mercurocromo (Ftaleína mercurio)	Tinturas antisépticas
Acetato de fenilmercurio C ₆ H ₅ HgO ₂	Biocida y fungicida (TWA 0,1 mg/m ³ ACGIH 1990-1991)
Nitrato de mercurio Hg(NO ₃) ₂	Pinturas metálicas
Tiocianato de mercurio Hg(SCN) ₂	Intensificador en fotografía
Mercurio orgánico	
Metilmercurio (CH ₃ Hg)	Fungicida en tratamiento de granos y semillas
Timerosal (COO-Na+(C ₆ H ₄)(S-Hg-C ₂ H ₅))	Agente bacteriostático análogo al Merthiolate
Acetato de amonio dimetilmercurio, Hidroximercuriclorofenol, Fenilmercuriúrea.	Tratamiento de semillas

Fuente: Adaptado de Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones agudas por mercurio⁶

Las exposiciones humanas a mercurio pueden ocurrir en diversas actividades en las que este es utilizado, bien sea en procesos productivos o en la manipulación de productos que contengan mercurio, como las fábricas de baterías, termostatos, termómetros, esfigmomanómetros, medidores de presión u otros dispositivos de medición, o interruptores. Los trabajadores expuestos a mercurio deben ser el principal foco de una evaluación de la exposición ocupacional. Sin embargo, los trabajadores pueden llevar el mercurio a sus casas a través de ropas y calzados contaminados. Los mineros artesanales de oro suelen ser los más expuestos directamente, a través de la manipulación directa o por la inhalación de los vapores de mercurio generados durante la quema de la amalgama oro-mercurio. No obstante, en muchos casos, la quema de amalgama se hace en las casas, o en otros locales próximos a los familiares y otras personas, con lo que se expone a esos grupos a

niveles elevados de mercurio. La inhalación de vapores de mercurio es generalmente la vía de exposición a mercurio metálico más importante y peligrosa para los *garimpeiros* y sus familias. Eso también es válido para los negociantes de oro y las personas que habitan en las proximidades de las “tiendas de oro”⁵.

En los ecosistemas, el mercurio puede ser introducido tanto de forma natural como por la actividad humana. Los principales aportes naturales de mercurio son la precipitación de vapores de mercurio, erupciones volcánicas y evaporación de los cuerpos hídricos. Los cálculos recientes indican que las emisiones naturales a la atmósfera son del orden de 2.000 a 6.000 toneladas por año².

Algunas fuentes importantes de emisiones antropogénicas de mercurio son:

- Producción de energía eléctrica por la quema de carbón (mayor fuente de emisiones atmosféricas)
- Producción de energía a partir de otros combustibles fósiles
- La producción de cemento y la incineración de residuos
- Minería y otras actividades que involucran la extracción metalúrgica y procesamiento de materias minerales vírgenes y reciclados, incluyendo la producción de oro, hierro y acero, metales no ferrosos como manganeso, zinc y otros
- El uso industrial del mercurio, que puede resultar en diversas formas de exposición humana en el lugar de trabajo.

También pueden ocurrir exposiciones humanas al mercurio en poblaciones que residen en las proximidades de sitios de liberación de residuos industriales por emisiones atmosféricas o en forma de efluentes sólidos y líquidos.

A continuación se describen algunas situaciones comunes de la exposición humana al mercurio.

Amalgamas dentales

Por más de un siglo, en la práctica odontológica se ha utilizado una aleación barata de plata, cobre, estaño o mercurio como material de preferencia para las obturaciones de dientes; se estima que 50% de este material está compuesto por mercurio. El mercurio liberado a partir de las amalgamas puede asumir varias formas: vapor de mercurio elemental, iones metálicos o partículas finas.

Las amalgamas dentales son la principal fuente de exposición al mercurio inorgánico para la mayoría de las personas que tienen mercurio en obturaciones dentales. A su vez, muchos trabajadores en consultorios odontológicos están expuestos a él por la producción y utilización del mercurio en las obturaciones. Hay pruebas claras en la literatura científica de la elevada carga corporal de mercurio en odontólogos e higienistas dentales⁵.

Deforestación

Los impactos de la deforestación a gran escala sobre los ecosistemas son numerosos. En ambientes tropicales, la capa orgánica del suelo, naturalmente mantenida por raíces de árboles, puede ser erosionada durante el período de lluvias, y ese proceso erosivo es

potencializado por la deforestación y pérdida de la cobertura natural del suelo. El mercurio acumulado en estos suelos debido a contaminación atmosférica también se libera hacia ríos y lagos. Estudios realizados en la Amazonía brasilera identificaron situaciones de elevada exposición al mercurio en algunas poblaciones que viven en regiones sin contacto con áreas de explotación de oro en la cuenca hidrográfica del río Tapajós, por el consumo de peces contaminados ⁵.

Árboles y vegetación en general absorben a largo plazo el mercurio de la atmósfera. Los incendios forestales movilizan el mercurio presente en la biomasa y lo llevan a la atmósfera como vapor o como partículas. Actualmente, con la alta tasa de deforestación por incendios en los países en desarrollo, las emisiones de mercurio provenientes de la quema de la maderasse ha aumentado significativamente ⁶. La cantidad de mercurio emitido anualmente por deforestación en la Amazonía ha sido estimada en 0,78 kg/km² y 1,76 kg/km². Las estimaciones dependen de la biomasa de la vegetación, el área quemada, los niveles de mercurio en las plantas y la materia orgánica (entre 0,02 y 0,3 mg/kg).

En este escenario, las poblaciones que consumen peces de ríos contaminados con mercurio pueden estar en riesgo de mayor exposición. Por eso, estas poblaciones podrían identificarse como prioritarias para evaluación y vigilancia continua.

Represamiento de cursos de agua

La mayoría de los estudios sobre los impactos ambientales de las inundaciones en los embalses muestran incremento de los niveles de mercurio en peces de estos reservorios. La creación de embalses promueve el reciclaje de la carga de mercurio acumulado en el suelo durante años antes de la inundación, por lo que también actúan como eficientes “incubadoras” para la metilación del mercurio. Las poblaciones que consumen frecuentemente pescados nativos de estas represas pueden estar expuestas a niveles elevados de mercurio ⁵.

Referencias

- 1 U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Mercury, marzo de 1999. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf> Consultado el 18 de marzo de 2011).
- 2 “Programa de desarrollo sostenible de la región de La Mojan”, Colombia. Informe Final de Consultoría. Jesús Tadeo Olivero. Toxicología Ambiental. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Bogotá, octubre 22 de 2002.
- 3 World Health Organization (WHO). Concise International Chemical Assessment Document (CICAD) 50. Elemental Mercury and inorganic Inorganic Mercury compounds: human health aspects. Geneva: World Health Organization. Ginebra.
- 4 Haco, Azed, F. Plano de ação regional para prevenção e controle da contaminação por mercúrio nos ecossistemas amazônicos 2006.
- 5 Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. WHO y UNEP, 2008.
- 6 Instituto Nacional de Salud (Colombia). Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones agudas por mercurio. Documento en revisión; 2011.



Capítulo 2: Toxicodinámica y toxicocinética

Alysson Lemos

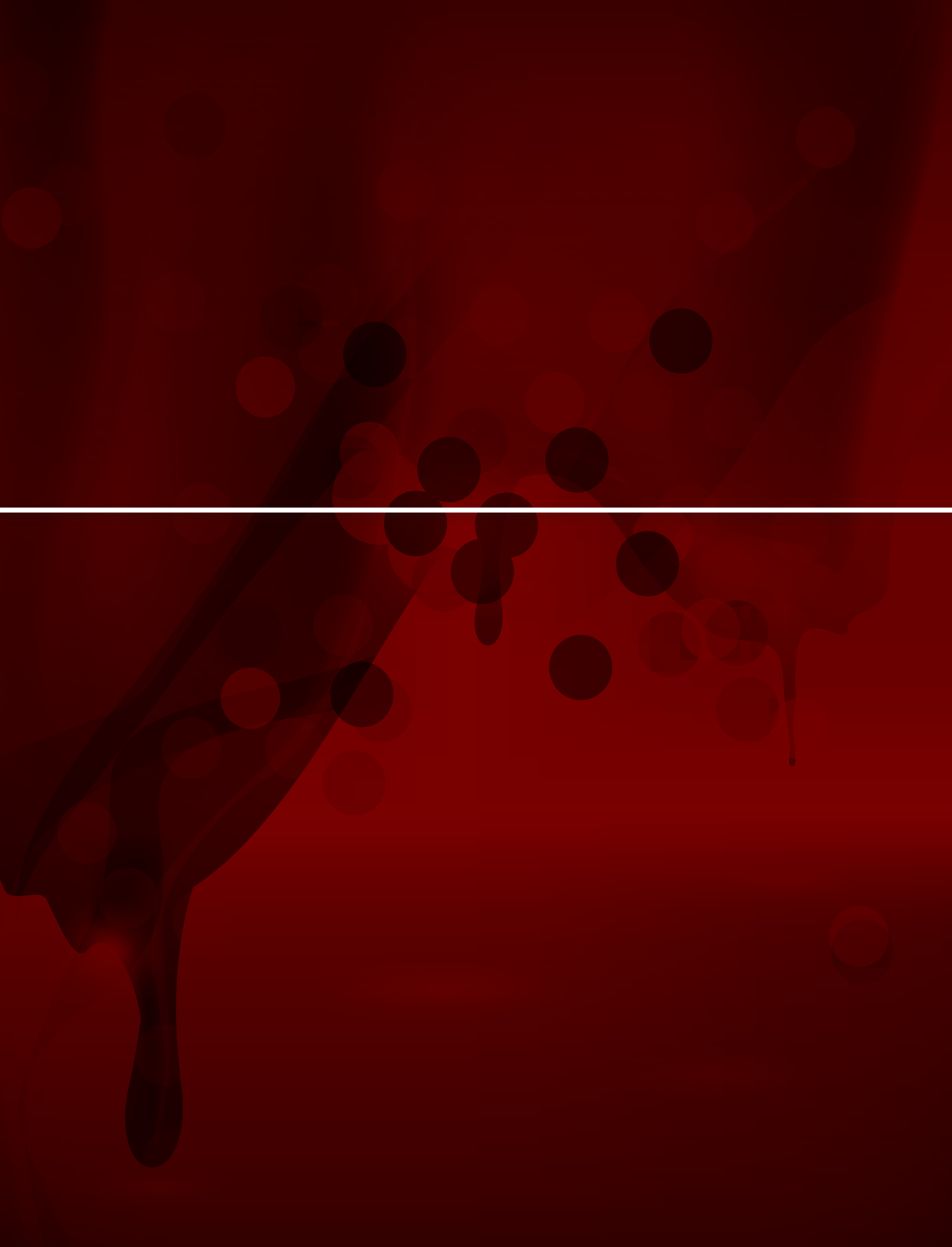
Organización Panamericana de la Salud, Brasil

Andrea Patricia Soler

Ministerio de la Protección Social, Colombia

Max Muñoz Moreno

Instituto Nacional de Salud Ocupacional (INSO), Bolivia



Toxicocinética del mercurio

Absorción, distribución y eliminación

El mercurio no tiene ninguna función fisiológica beneficiosa para el cuerpo humano. En cualquiera de sus formas es tóxico para los organismos vivos y el medio ambiente. Por las diferentes características fisicoquímicas de las distintas formas químicas del mercurio, se tienen varios procesos cinéticos y efectos tóxicos ¹.

Mercurio metálico

La absorción de esta forma de mercurio se realiza principalmente a través de la inhalación de vapores. En su estado líquido puede ser absorbido por la piel, aunque no se conoce su proporción. En su forma líquida no sufre una absorción significativa en el tracto digestivo. Cuando se administra por vía intravenosa, se puede observar de inmediato una embolia pulmonar, incluso sin efectos sistémicos ².

La exposición a los vapores de mercurio produce una alta concentración de mercurio en los pulmones, al ser absorbido en aproximadamente 80%. Desde los pulmones, el mercurio metálico se distribuye por la sangre y se acumula en altas concentraciones en el cerebro y los riñones. El mercurio también se acumula en la piel, cabello, hígado, glándulas salivales, intestino y testículos, aunque en pequeñas cantidades; atraviesa fácilmente la barrera hematoencefálica y placentaria ³.

La vida media en el organismo puede variar desde pocos días hasta varios meses. Los órganos que acumulan mercurio por más tiempo son el cerebro, los riñones y los testículos. La eliminación del mercurio se produce en pequeñas cantidades a través de la exhalación en forma de vapores por las vías respiratorias. La mayor cantidad es eliminada a través de las heces y la orina, pequeñas cantidades se eliminan a través del sudor, la saliva, las lágrimas y el cabello. La mayor parte del mercurio se excreta en los primeros 60 días; sin embargo, una pequeña cantidad de mercurio acumulado en el cerebro puede tardar hasta un año en ser eliminado ^{3,4}.

Sales inorgánicas de mercurio

Estos compuestos son corrosivos, causan irritación severa en la piel, y la absorción por esta vía debe ser tenida en cuenta. La absorción de mercurio inorgánico se produce más a menudo a través del tracto digestivo y también por inhalación ². Una vez absorbidas, las sales inorgánicas de mercurio pasan a la sangre y se distribuyen por igual entre el plasma y los eritrocitos, se unen a proteínas plasmáticas y grupos sulfhidrilos. En general, la mayor parte del mercurio inorgánico absorbido es depositado en los riñones, el hígado, el tracto intestinal, bazo y los testículos ².

La afinidad del mercurio metálico y de las sales mercuriales en el riñón se debe a la presencia en él de una proteína de bajo peso molecular, la metalotioneína, que tiende a unirse activamente con el mercurio.

Las sales inorgánicas de mercurio prácticamente no atraviesan la barrera cerebral; solo trazas pueden alcanzar el cerebro. La eliminación de estos compuestos se efectúa principalmente a través de las heces y secundariamente por la orina. La vida media ha sido determinada en 42 días para 80% de lo absorbido, en tanto que para el 20% restante no se ha determinado ².

Compuestos orgánicos de mercurio

Estos compuestos ingresan fácilmente al organismo por vía respiratoria, gastrointestinal y dérmica. Los compuestos orgánicos de mercurio que se encuentran en los alimentos y el agua son absorbidos casi en su totalidad por el tracto digestivo. Una vez absorbidos, se unen a otras sustancias orgánicas por medio de los grupos sulfhidrilo. En la sangre se concentran en grandes cantidades en los eritrocitos (90%). Por lo tanto, se acumula en cerebro y demás órganos, pero manteniendo una concentración elevada en sangre. Cuando se ingiere el metilmercurio, este es absorbido rápidamente por el tracto intestinal (95%). El metilmercurio se acumula en mayor proporción en el hígado y el cerebro ². Por su liposolubilidad, los compuestos orgánicos atraviesan con facilidad las membranas biológicas, por lo que pasan fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta. Una parte del mercurio orgánico absorbido sufre un proceso de desmetilación que da origen a una alta concentración de mercurio inorgánico en riñón e hígado. La eliminación se efectúa principalmente por heces y de forma secundaria por la orina, cabellos y leche materna. La vida media se ha calculado de 100 a 190 días ^{2,4}.

De los compuestos organomercuriales, el metilmercurio es en general el que recibe mayor atención, toda vez que sus características toxicocinéticas lo hacen especialmente tóxico para el organismo humano ².

Toxicodinámica del mercurio

Los efectos tóxicos del mercurio, inorgánico y orgánico, se deben a que en su forma se unen a los constituyentes orgánicos celulares ricos en grupos sulfhidrilos y afectan así a diversos sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y de su pared ⁴.

La acción tóxica del mercurio sobre los sistemas enzimáticos ocurre porque precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos de varias enzimas esenciales. En estado iónico, se fija a los grupos celulares ricos en radicales sulfhidrilo, altera varios sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared, e inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria y afecta su función energética. En el riñón disminuye la actividad de las fosfatasas alcalinas de los túbulos proximales y altera el transporte de potasio y la ATPasa en la membrana. En el sistema enzimático

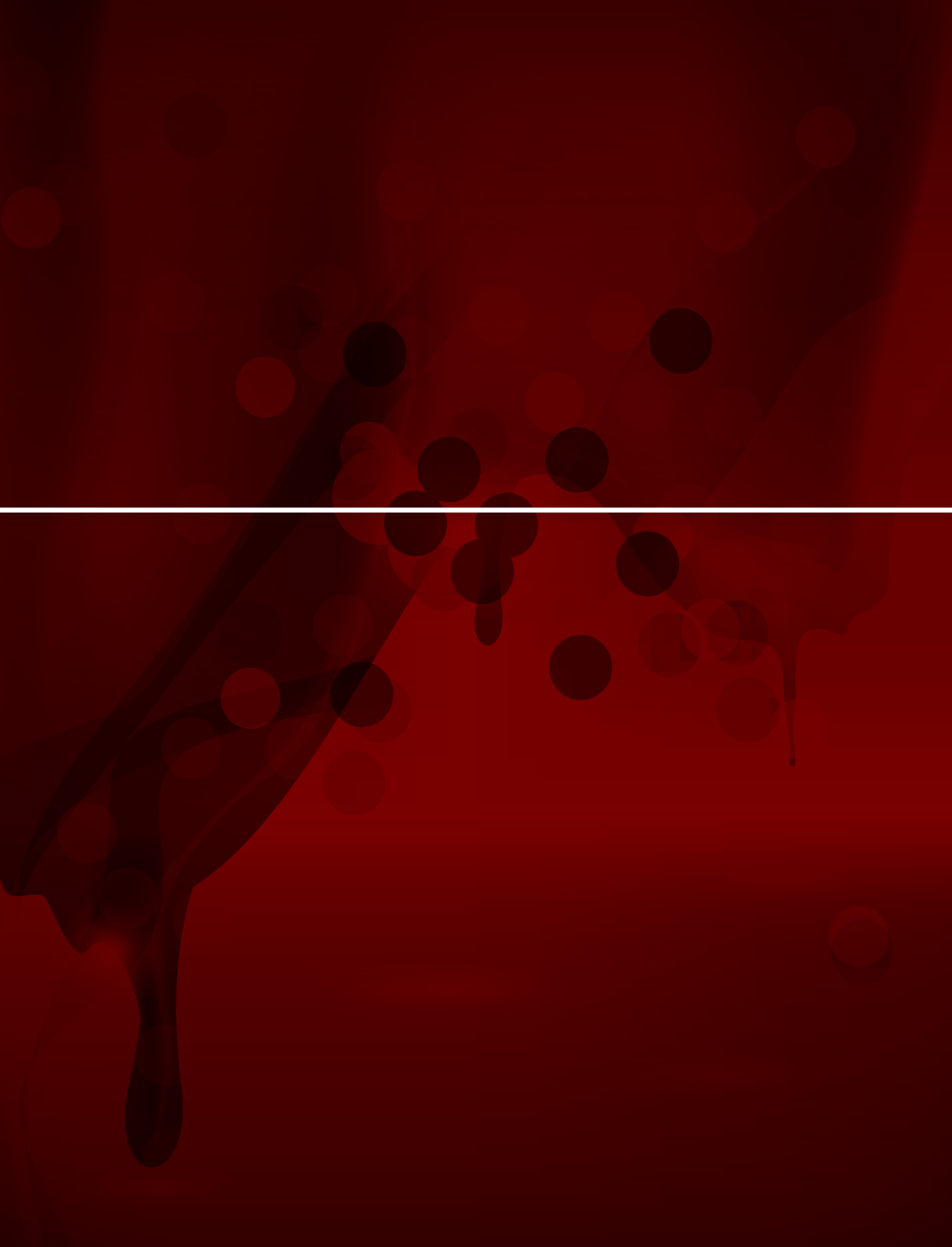
inhibe enzimas esenciales. Por todo esto, el mercurio puede causar lesión celular en cualquier tejido donde se acumule en concentración suficiente ⁵.

En varios órganos, incluido el riñón, y al igual que el cadmio, cobre y zinc, el mercurio induce la formación de metalotioneína, un receptor proteico de peso molecular bajo, y se une a ella saturando sus propios receptores. Cuando por la gran cantidad de tóxico presente la metalotioneína se forma en exceso, causa alteraciones orgánicas en el mismo sitio de su producción ⁵.

El metilmercurio provoca una disminución de los anticuerpos humorales. Se ha observado que puede producirse un estímulo de la respuesta inmunitaria inicialmente tras cortas exposiciones. También puede fijarse sobre los ácidos desoxirribonucleicos con desnaturalización o asociaciones reversibles a la adenina y timina, lo cual podría explicar las aberraciones cromosómicas y anomalías congénitas observadas durante las intoxicaciones alimentarias con metilmercurio ⁴.

Referencias

- 1 Repetto, M. Toxicología Avanzada. Capítulo 9: Estado Actual de la Toxicología del Mercurio. Madrid: Ediciones Díaz de Santos; 1995.
- 2 Galvão, LA, Corey G. Mercúrio. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Serie Vigilancia (OPS/OMS), 1987 (7).
- 3 U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Mercury, marzo de 1999. (Consultado el 18 de marzo de 2011). Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf>
- 4 Academia Nacional de Medicina. Seminario Internacional sobre clínica del mercurio. Memorias. Antioquia, Colombia, 2003. Disponible en: [http://www.anmdecolombia.net/medicinacompletas/MEDICINA%20vol%2026%20\(65\)%20Junio%202004.pdf](http://www.anmdecolombia.net/medicinacompletas/MEDICINA%20vol%2026%20(65)%20Junio%202004.pdf)
- 5 Ramírez, A. Intoxicación ocupacional por mercurio. An. Fac. med. 2008; 69(1): 46-51. (Consultado el 13 de junio 2011). Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000100010&lng=es&nrm=iso



Capítulo 3: Efectos tóxicos del mercurio

Alysson Lemos

Organización Panamericana de la Salud, Brasil

Marcela Varona Uribe

Instituto Nacional de Salud de Colombia

Maria Paula do Amaral Zaitune

Ministerio de Salud de Brasil

Susan Aparicio Gutiérrez

Instituto Nacional de Salud Ocupacional (INSO), Bolivia



La exposición al mercurio y sus compuestos puede causar diversos riesgos a la salud, con repercusiones en diferentes órganos y tejidos. Los factores que determinan la aparición y la gravedad de los efectos sobre la salud de la exposición al mercurio incluyen la forma química que presenta el metal, la dosis, la edad de la persona expuesta, la duración de la exposición, la vía de exposición (inhalación, ingestión o contacto con la piel) y, cuando es por ingestión, los patrones de la dieta de los peces y el consumo de pescado ¹.

La forma de intoxicación, aguda o crónica, depende de la intensidad y duración de la exposición que, a su vez, determinará los cambios en el cuerpo y en la forma del cuadro clínico. En la intoxicación aguda, la exposición se produce a altas concentraciones de la sustancia y en un corto período de tiempo, pasando a una disminución drástica e inmediata de la función neurológica percibida claramente, que puede conducir a la muerte ².

En las intoxicaciones crónicas, las exposiciones se repiten durante un período prolongado de tiempo (meses, años o toda la vida) a bajas concentraciones, lo que produce una acumulación de sustancias tóxicas en el cuerpo cuando hay un desequilibrio entre la absorción y eliminación de agentes químicos. Los efectos fisiopatológicos derivados de la exposición crónica al mercurio, debido principalmente al consumo de pescado que contienen metilmercurio, se presentan sutilmente, son inespecíficos y con un gran período de latencia, así que son difíciles de diagnosticar en la evaluación clínica habitual, por su caracterización subclínica ².

Por lo tanto, este capítulo se propone mostrar los efectos tóxicos sobre varios sistemas a fin de contribuir en la construcción de la historia clínica de la persona expuesta, así como optimizar los recursos para orientar mejor la solicitud de pruebas adicionales.

En general, los objetivos biológicos principales de la toxicidad del mercurio y sus compuestos son el sistema nervioso, los riñones y el sistema cardiovascular; sin embargo, pueden afectarse otros sistemas, incluyendo los sistemas respiratorio, gastrointestinal, hematológico, inmunológico y reproductor ^{3,4,5}.

El mercurio metálico o elemental (Hg⁰)

La inhalación es la principal vía de absorción de Hg⁰: se absorbe rápidamente y se difunde por las membranas alveolares hasta alcanzar el torrente sanguíneo y se propaga a través de la barrera hematoencefálica ³. La exposición a corto plazo y a altas concentraciones de vapor de Hg⁰ ocasiona efectos respiratorios, cardiovasculares, gastrointestinales e incluso neurológicos, tales como disnea (dificultad para respirar), dolor en el pecho, tos, náuseas, vómitos, diarrea, aumento de la presión arterial ³; puede desarrollarse edema pulmonar, insuficiencia respiratoria y hemorragia gastrointestinal ⁶. En la tabla 1 se muestran otros posibles síntomas.

En caso de ingestión accidental o deliberada de sales de mercurio, los efectos se relacionan con el sistema digestivo, e incluyen: estomatitis, dificultad para ingerir los alimentos, salivación excesiva, dolor abdominal, náuseas, vómitos y diarrea. También se observan

alteraciones en el sistema renal, desde proteinuria hasta insuficiencia renal debido a la necrosis de los túbulos proximales ¹.

En la intoxicación crónica, el sistema nervioso es el objetivo toxicológico más sensible al Hg⁰ por atravesar la barrera hematoencefálica, de modo que las lesiones en su mayoría se centran en la corteza cerebral, específicamente en la sustancia negra y en los lóbulos occipital y temporal. Por lo tanto, los trastornos neurológicos y de comportamiento han sido reportados como los primeros signos de intoxicación, que incluyen disminución de la memoria o en el desempeño de pruebas de función cognitiva, labilidad emocional, irritabilidad, nerviosismo, timidez excesiva, disminución de la autoconfianza, nerviosismo, insomnio; cambios neuromusculares con debilidad, atrofia muscular, espasmos musculares, temblores, que afecta inicialmente los miembros superiores. Se presenta también polineuropatía, parestesias, pérdida de la sensibilidad de las extremidades, hiperreflexia y disminución de la velocidad de conducción nerviosa sensorial y motora ^{3,4,7}.

Algunos estudios sugieren que el Hg⁰ puede causar toxicidad en la reproducción, pero la mayoría de ellos indica que la exposición humana a largo plazo no afecta la capacidad de tener hijos ³. Los estudios con ratas sugieren que la exposición al Hg⁰ puede resultar en efectos sobre el desarrollo conductual ⁷.

El mercurio inorgánico (Hg²⁺)

El daño renal es el resultado final de la exposición a compuestos inorgánicos del mercurio. Los efectos adversos más comunes observados con la exposición al Hg²⁺ es la formación de glomerulonefritis autoinmune ^{3,7}.

No hay estudios que relacionan la exposición humana al Hg²⁺ con la producción de cáncer, aunque hay una cierta evidencia que sugiere que el cloruro de mercurio puede ser un mutágeno de células germinales. Se obtuvieron resultados positivos de las aberraciones cromosómicas en múltiples sistemas y la evidencia sugiere que el cloruro de mercurio puede alcanzar el tejido gonadal femenino. Sin embargo, el daño renal es el más común ^{3,7}.

El metilmercurio

El blanco fundamental de la toxicidad del metilmercurio es el sistema nervioso. La principal vía de exposición humana a este tipo de compuesto es la gastrointestinal; se produce principalmente a través del consumo de pescados y mariscos que contienen el compuesto orgánico en el tejido muscular, que es absorbido por el tracto gastrointestinal, y el cual atraviesa fácilmente la barrera placentaria y puede llegar al feto. Las lesiones se producen principalmente en el giro anterior y posterior central, temporal superior, la parte central del cerebelo y los ganglios basales.

Los signos más comunes de la neurotoxicidad observados en los adultos son: parestesia, ataxia, alteraciones sensoriales, temblores, problemas de audición, constricción del campo visual y dificultad para caminar ^{8,9}. Especialmente durante el embarazo, los efectos de la

exposición al metilmercurio son preocupantes, ya que el feto puede tener una variedad de anormalidades en el desarrollo neurológico, similares a los encontrados en la parálisis cerebral, y que incluyen retraso para caminar y en la comunicación verbal, modificación de la tonicidad muscular, y de los reflejos tendinosos profundos, y reducción de los puntajes en los exámenes neurológicos ^{3, 7, 10, 11}.

Los estudios en animales proporcionan evidencia limitada de carcinogenicidad, mientras que otros estudios sugieren que la exposición al metilmercurio puede causar efectos sobre el sistema cardiovascular, entre los que se incluyen mayor riesgo de infarto de miocardio y de hipertensión arterial ^{12, 13}.

Tabla 1. Efectos agudos y crónicos presentados por la exposición a diferentes compuestos de mercurio

Tipo de exposición	Formas de presentación del mercurio	Efectos
Aguda. Caracterizada por la aparición de efectos en las primeras 24 horas de exposición.	Intoxicación aguda con vapor de mercurio	Tos, disnea, espasmos musculares, temblor, traqueobronquitis, bronquitis aguda, neumonía química, insuficiencia respiratoria, irritabilidad, nerviosismo, delirios, alucinaciones, tendencia suicida, ataxia, disartria, parestesias (manos, pies, boca), disminución del campo visual, coma y muerte.
	Intoxicación aguda con sales de mercurio	Estomatitis, gingivitis, sialorrea, úlcera mucosa oral, dolor retroesternal, epigastralgia, disfagia, vómito, diarrea, deshidratación, choque hipovolémico, gastroenteritis aguda, caída de los dientes, insuficiencia renal, anuria y muerte.
Crónica. Es la exposición continua o repetida por tiempo prolongado a bajas dosis de un agente.	Intoxicación crónica con vapor de mercurio	Sistema nervioso: trastornos psíquicos como irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio y depresión, cuadro denominado “eretismo mercurial”. La señal más característica (al menos la más precoz) es el temblor que puede iniciarse en la lengua, labios, párpados o dedos, con alteración de la escritura, marcha, neuropatía periférica (trastornos sensitivos en las manos y los pies) y reducción del campo visual.
		Digestivo: estomatitis mercurial con salivación excesiva, dolor gingival, úlceras en la mucosa oral, caída prematura de los dientes, halitosis, sabor metálico. Además se pueden presentar náuseas, vómito y diarrea.
		Ocular: reflejo parduzco en la cápsula anterior del cristalino (señal de Akinson) y disminución del campo visual.
		Renal: proteinuria moderada, lo que sugiere la existencia de lesiones glomerulares y tubulares; en ocasiones se desarrolla síndrome nefrótico.
		Otras alteraciones: dermatitis de contacto, con pápulas e hiperqueratosis observadas en los trabajadores.
Efectos teratogénicos, mutagénicos y cancerígenos: atraviesan la barrera placentaria, pueden producir aborto espontáneo, pero no es muy claro su posible acción teratogénica. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) no clasifica el mercurio metálico o sus compuestos inorgánicos como cancerígenos (clasificación grupo 3 D).		

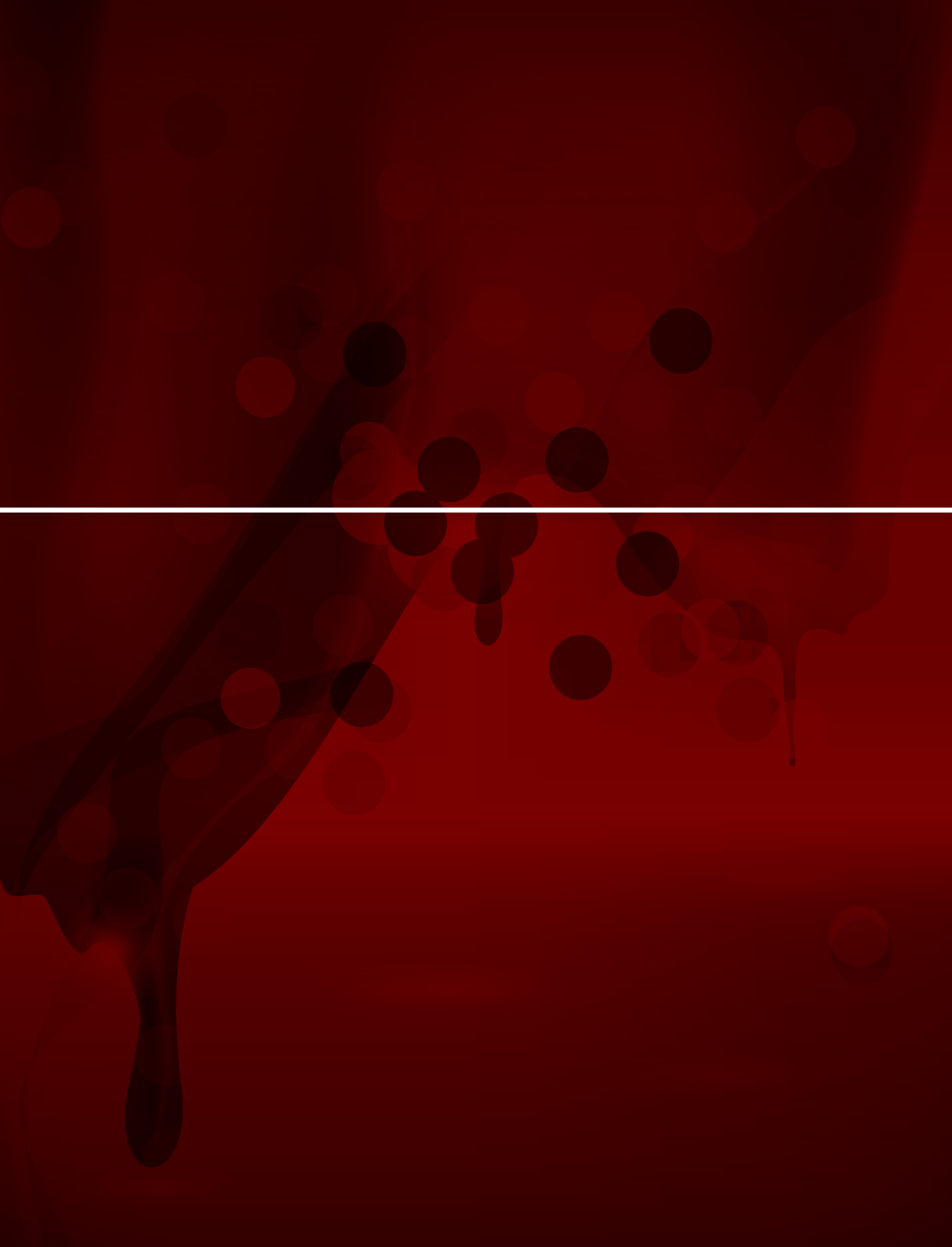
Tipo de exposición	Formas de presentación del mercurio	Efectos
Crónica. Es la exposición continua o repetida por tiempo prolongado a bajas dosis de un agente.	Intoxicación crónica por metilmercurio	<p>Efectos en el sistema nervioso central: período prodrómico de 2 semanas a 2 meses con astenia, adinamia, apatía, miedo, depresión y deterioro intelectual. Posteriormente hay parestesias en extremidades distales, lengua y boca. En un estado más avanzado hay ataxia, disartria, parálisis motora, diplopía, campo visual estrecho, ceguera, sordez, temblor intencional, espasticidad, parálisis y puede sobrevenir el coma y la muerte.</p> <p>Embriotoxicidad (intoxicación por la exposición prenatal): retardo en el desarrollo motor, alteración psicológica, incoordinación motora, ataxia, movimientos involuntarios, parestesias, parálisis muscular y pérdida de audición o ceguera.</p> <p>Intoxicación por exposición posnatal: trastornos mentales, alteraciones en la sensibilidad, parestesias distales en extremidades, lengua y labios. En casos graves se observa estrechamiento del campo visual, ceguera y alteraciones auditivas.</p> <p>Mutagenicidad y carcinogenicidad: el metilmercurio es un potente agente mutagénico; algunos estudios muestran la presencia de aberraciones cromosómicas con la exposición a este compuesto.</p>

Fuente: Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por mercurio – 14.

Referencias

- 1 Grigoletto, JC, Oliveira, AS, Munoz, SI, Alberguini, LB, Takayanagui, AM. Exposição ocupacional por uso de mercúrio em odontologia: uma revisão bibliográfica. *Ciência e Saúde Coletiva* 2008; 13(2): 533-42.
- 2 Pacheco-Ferreira H. Epidemiologia das substâncias químicas neurotóxicas. En: Medronho RA, Bloch KV, Luiz RR, Werneck GL. *Epidemiologia*. São Paulo: Atheneu; 2008: 577-86.
- 3 U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Mercury, marzo 1999. Atlanta, GA. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.html>.
- 4 United Nations Environment Programme (UNEP). Global Mercury Assessment. UNEP Chemicals Mercury Programme. 2002. Disponible en: www.chem.unep.ch/mercury/Report/Final%20Assessment%20report.htm
- 5 United States Food and Drug Administration (US FDA). Mercury Levels in Commercial Fish and Shellfish. 2006. Disponible en: www.cfsan.fda.gov/~frf/sea-mehg.html
- 6 Feldman, RG. Occupational & Environmental Neurotoxicology. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1999, 500 pp.
- 7 U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). Mercury Study Report to Congress, Volume V: Health Effects of Mercury and Mercury Compounds. Washington, DC: Office of Air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development; 1997. EPA-452/R-97-007.
- 8 World Health Organization (WHO). Technical Report Series 922. Sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JEFCA) 2004; 133 pp.
- 9 Eto K, Tokunaga Y, Nagashima K, Takeuchi T. An autopsy case of Minamata disease (Methylmercury poisoning)–Pathological viewpoints of peripheral nerves. *Toxicologic Pathology* 2002; 30(6):714-22.
- 10 National Research Council (NRC). Toxicological Effects of Methylmercury. Washington, DC: National Academy Press. 2000.
- 11 Programa de desarrollo sostenible de la región de La Mojana, Colombia. Informe final de consultoría Jesus Tadeo Olivero Toxicología Ambiental. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Bogotá, octubre 22 de 2002.

- 12 Virtanen JK, Voutilainen S, Rissanen TH, Mursu J, Tuomainen TP, Korhonen MJ, Valkonen VP, Seppanen K, Laukkanen JA, Salonen JT. Mercury, fish oils, and risk of acute coronary events and cardiovascular disease, coronary heart disease, and all-cause mortality in men in eastern Finland. *Arteriosclerosis Thrombosis Vascular Biology* 2005; 25:228-33.
- 13 Grandjean P, Murata K, Budtz-Jørgensen E, Weihe P. Cardiac autonomic activity in methylmercury neurotoxicity: 14-year follow-up of a Faroese birth cohort.. 2004; 144(2):169-76.
- 14 Instituto Nacional de Salud (Colombia). Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones agudas por mercurio. Documento en revisión; 2011.



Capítulo 4: Valores de referencia

Alysson Lemos

Organización Panamericana de la Salud, Brasil

Andrea Patricia Soler

Ministerio de la Protección Social de Colombia

Danna Elizabeth Lara Holguín

Consultora Externa, Organización Panamericana de la Salud, Bolivia

Maria Amélia Albergaria Estrela

Ministerio de Salud de Brasil

Max Muñoz Moreno

Instituto Nacional de Salud Ocupacional (INSO), Bolivia

Pamela Paco Velasco

Investigadora asociada IRD, Bolivia



Con base en las evaluaciones de riesgo y otras consideraciones, varios países y organizaciones internacionales han establecido niveles de ingesta diaria o semanal de mercurio o metilmercurio, esto es, niveles considerados seguros, sin riesgo apreciable para la salud.

El Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios FAO/OMS estableció una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) para el mercurio de 5 µg/kg de peso corporal, y para metilmercurio de 1,6 µg/kg de peso corporal. El PTWI es la cantidad de una sustancia que puede ser consumida semanalmente durante toda la vida sin riesgo apreciable para la salud; se utiliza para contaminantes de los alimentos, como los metales que tienen propiedades acumulativas ¹.

La dosis de referencia diaria (RFD) y la concentración de referencia (RFC) son estimaciones de la exposición diaria de la población humana. Es probable que sean sin riesgo apreciable, es decir, sin efectos perjudiciales o cancerosos en la vida. No es una estimación directa del riesgo, sino más bien un punto de referencia para evaluar los efectos potenciales.

Para evaluar los posibles riesgos de exposición a la inhalación, la Agencia de Protección Ambiental (siglas en inglés EPA) de EE.UU. estableció una RFC para la inhalación de mercurio elemental de 0,3 µg/m³. Para el cloruro de mercurio, el RFD desarrollado es de 0,3 µg/kg/día; para el metilmercurio es de 0,1 µg/kg/día.

Varios gobiernos y organizaciones han estimado la ingesta semanal tolerable o niveles de referencia para la exposición al metilmercurio que no tiene efectos adversos para la salud (tabla 1). La relación entre las concentraciones de mercurio que se encuentra en el cabello de la madre (como en la sangre del cordón umbilical) y las concentraciones de metilmercurio en la dieta humana están relativamente bien descritas, por lo que es posible estimar los niveles correspondientes de dosis de metilmercurio en la dieta humana considerados seguros. Las variaciones entre los niveles de referencia reflejan las diferentes hipótesis de la evaluación de riesgos, los conjuntos de datos y los factores de incertidumbre empleados. En consecuencia, los niveles de referencia resultantes del metilmercurio se pueden considerar relativamente constantes.

Tabla 1. Niveles de referencia para metilmercurio

País / Organización	Niveles de referencia (µg Me Hg/Kg peso corporal/semana)	Año
Canadá	1,4	1997
Japón	2,0	2005
Holanda	0,7	2000
Estados Unidos	0,7	2001
JECFA*	1,6	2003

Fuente: Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure ¹

*Joint Expert Committee on Food Additives

Hay una serie de incertidumbres que rodean la determinación de niveles de referencia para el metilmercurio. El debate acerca de los estudios y los puntos base para la definición de un nivel de seguridad siguen siendo algunos de los evaluadores de riesgo. Teniendo

en cuenta el número de factores, los niveles de referencia no deben interpretarse como un umbral de seguridad entre qué es y qué no es seguro. En cambio, hay una buena dosis de incertidumbre sobre el grado de riesgo para la salud cuando los niveles de referencia son superados. Además, podemos decir que cualquier riesgo es susceptible de aumentar con la magnitud, frecuencia y duración de la exposición.

Puesto que el consumo de pescado es la ruta de exposición al metilmercurio dominante en las poblaciones humanas, varios gobiernos aconsejan un cambio en los hábitos alimenticios (dieta) para limitar el consumo de pescado, donde los niveles de mercurio son altos.

La Comisión del Códex Alimentarius adoptó una recomendación sobre los valores de referencia para el metilmercurio de 0,5 µg/kg en peces no depredadores y 1,0 µg/kg en peces depredadores. La FDA de EE. UU. estableció un nivel de acción de 1,0 µg/kg de metilmercurio en el pescado y los mariscos. La Comunidad Europea permite 0,5 µg/kg de mercurio total en los productos pesqueros (con algunas excepciones). Japón permite un máximo de 0,4 µg/kg de mercurio total (o 0,3 µg/kg de metilmercurio) en los peces ².

Límites sugeridos por la Comunidad Europea

La tabla 2 muestra los valores correspondientes de límites de exposición ocupacional para el mercurio en distintos compartimentos ambientales de algunos países y regiones.

Tabla 2. Límites sugeridos para exposición ocupacional, agua, suelo y alimentos

Medio		Valor	Organización o país
Agua	Agua potable	0,001 mg/l	OMS
		0,001 mg/l	Comunidad Europea, Canadá, Alemania
		0,001 mg/l	Japón
		0,002 mg/l	EE. UU / EPA: Ley de agua potable segura PL93-523 40 CFR 302.4
		0,003 mg/l	Suiza
		0,005 mg/l	Ex Unión Soviética
	Aguas superficiales	0,0005 mg/l	Comunidad Europea, Alemania (límite para tratamiento natural)
		0,001 mg/l	Comunidad Europea, Alemania (límite para tratamiento físico y químico)
	Riego	0,002 mg/l	Alemania
Aire	Lugar de trabajo	0.01 mg/m ³	ACGIH / EE. UU. (valor TWA para compuestos orgánicos)
		0,01 mg/m ³	Alemania (valor MAK para compuestos orgánicos)
		0,025 mg/m ³	ACGIH / EE. UU. (valor TLV)
		0,03 mg/m ³	EE. UU. (valor STEL para compuestos orgánicos)
		0,05 mg/m ³	Japón, Países bajos, Suecia, Finlandia
		0,1 mg/m ³	Alemania (valor MAK para Hg metálico)
		0,1 mg/m ³	OSHA / EE. UU. ("límite máximo aceptable de concentración")
Suelo		0,3 mg/kg	Países Bajos
		0,8 mg/kg	Suiza
		1,0 mg/kg	Gran Bretaña (jardines)
		1,5 mg/kg	Gran Bretaña (jardines privados)
Alimento	Límites para consumo humano	0,2 mg/sem.	OMS (consumo máximo semanal de Hg orgánico)
		0,3 mg/sem.	OMS (consumo máximo semanal de Hg total)
		0,021 mg/día	EEUU / US limite de exposición
	Leche, queso	0.01 mg/kg	Alemania
	Huevo, carne, pollo	0,03 mg/kg	Alemania
	Embutidos	0,05 mg/kg	Alemania
	Hígado, riñones	0,1 mg/kg	Alemania
	Peces predadores y mariscos	1 mg/kg 0,5 mg/kg	Regulação 629/2008 Comunidad Europea

Fuentes: Proyecto GAMA ³.

Colombia

Los valores de referencia para muestras biológicas son los recomendados por el Instituto Nacional de Salud (entidad adscrita al Ministerio de la Protección Social de Colombia) en población no expuesta, y son expresados como mercurio total ¹. Los niveles de mercurio en agua, aire y alimentos adoptados por el país se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Valores de referencia para mercurio en Colombia

Matriz de mercurio	Límite	Observación	Fuente/referencia bibliográfica
Límites en agua			
Agua potable	0,001 mg/L		Resolución 2115/07 ⁵
Agua uso pecuario	0,01 mg/L	Agua para uso pecuario	Decreto 1594/84 ⁶
Agua residual	0,01 mg/L	Vertimiento a red de acueducto	Resolución 3957/09, Bogotá ⁷
Agua residual	0,00025 mg/L	Vertimiento a corriente principal	Resolución 3956/09, Bogotá ⁸
Límites en aire			
Hg exposición no laboral	0,001 mg/m ³		EPA ³
Hg en aire de zonas urbanas	10 - 20 ng Hg/m ³ ar		Decreto 602 de 1998 ⁹
Hg en aire de zonas suburbanas	6 ng Hg/m ³ ar		Decreto 602 de 1998 ⁹
Límite máximo permisible	< 1 µg/m ³	Mercurio inorgánico 1 año de exposición (Norma de calidad del aire o Nivel de inmisión en condiciones de referencia)	Resolución 610/10 Colombia ¹⁰
Lugar de trabajo	0,025mg/m ³		ACGIH / EE. UU. (valor TLV), 1994 ³
Límites en alimentos			
Consumo humano (Hg orgánico)	1,6 mg/Kg P.C.	Consumo máximo semanal de Hg orgánico	FAO/WHO 2007
Consumo humano	5 µg/Kg P.C.	Consumo máximo semanal de Hg total	FAO/WHO 2007
Pescado	0,5 µg de Hg/g	Límite máximo de metilmercurio en pescado no depredador para consumo humano	Codex Alimentarius
Límites biológicos			
Sangre	≤ 20 µg /L	Expresado como mercurio total	Centro Toxicológico de Quebec (CTQ) 2011 ⁴
Orina	≤ 50 µg /L	Expresado como mercurio total	CTQ 2011 ⁴
Cabello	≤ 5 µg /g	Expresado como mercurio total	OMS 2011 ⁴

Brasil

A continuación se presentan los valores de referencia para el mercurio utilizados en Brasil.

Tabla 4. Valores de referencia para mercurio en Brasil

Muestra	Límite máximo permitido	Fuente/ referencia bibliográfica
Límites en agua		
Agua potable	0,001 mg/L	Vigiágua, 2004 Decreto núm. 518/2004 ¹¹
Agua subterránea		
Consumo humano	0,001 mg/L	Resolución Conama núm. 396 de 2008 ¹²
Consumo de animales	0,01 mg/L	
Riego	0,002 mg/L	
Recreación	0,001 mg/L	
Agua superficial (agua dulce)		
Clase especial y clase1	0,0002 mg/L	Resolución Conama núm. 357 de 2005 ¹³
Clase 2	0,0002 mg/L	
Clase 3	0,002 mg/L	
Clase 4	0,002 mg/L	
Límites en aire		
Mercurio: todas las formas excepto orgánicos	0,04 mg/m ³	Legislación brasileña Ordenanza núm. 3.214, del 8 de junio de 1978 ¹⁴ . (Trayectos de hasta 48 horas por semana)
Mercurio inorgánico	0, 1 mg/m ³ (PEL) ^A 0,05 mg/m ³ (REL) ^B 10 mg/m ³ (IDLH) ^C	NIOSH 2010 ^{15*}
Vapor de mercurio	0, 05 mg/m ³ (TWA) ^D 0,025 mg/m ³ (TLV) ^E	NIOSH 2004 ¹⁵
Mercurio orgánico (alquilmercurio)	0,01 mg/m ³ (TWA) e 0,03 mg/m ³ (ST) ^F 0,01 mg/m ³ (PEL) 0,04 mg/m ³ (REL) 2 mg/m ³ (IDLH)	NIOSH, 2010 ^{15*}
Límites en sedimento y suelo		
Material degradado (sedimento del fondo del río)		
Nivel 1	0,170 mg/Kg	Resolución Conama núm. 344 de 2004 ¹⁶
Nivel 2	0,486 mg/Kg	
Suelo		
Valor de referencia de calidad	0,05 mg/Kg	Resolución Conama núm. 420 de 2009 ¹⁷
Valor de prevención	0,5 mg/Kg	
Valor de intervención		
Área agrícola APMáx	12 mg/Kg	
Área residencial	36 mg/Kg	
Área industrial	70 mg/Kg	
Límites en alimentos		
Pescados		
Pescados y productos pesqueros	0,5 mg/Kg	Anvisa 1998 Decreto núm 685/98 ¹⁸
Peces depredadores	1,0 mg/Kg	
Mercurio total	5 µg/Kg peso corporal/semana	FAO/WHO 2011 ¹⁹
Mercurio orgánico	1,6 µg/Kg peso corporal/semana	FAO/WHO 2011 ¹⁹
Mercurio inorgánico	4µg/kg de peso corporal/semana	FAO/WHO 2011 ¹⁹

Muestra	Límite máximo permitido	Fuente/ referencia bibliográfica
Límites biológicos		
Sangre	5-10 µg/L (mercurio total)	WHO 2008 ¹
Orina	50 µg/g creatinina (mercurio total)	WHO 2008 ¹
Cabello	7 µg/g**	WHO 2008 ¹

PEL: *Permissible Exposure Limit* (Límite de exposición permitido por OSHA OSHA/EUA)

REL: *Recommended Exposure Limit* (Límite de exposición recomendado por NIOSH/EUA)

IDLH: *Immediately Dangerous to Life or Health Level* (Concentración de un peligro inmediato para la vida o la salud). Esta es la concentración máxima ante la que, en caso de falla de una máscara de respiración, una persona puede escapar en los siguientes 30 minutos sin dificultad y sin efectos irreversibles sobre la salud.

TWA: *Time Weighted Average* (Estándar promedio ponderado de tiempo)

TLV = *Threshold Limit Value* (Valor Umbral Límite)

ST (o STEL): *Short Term Exposure Limit* (Límite de exposición a corto plazo)

* Datos actualizados en 2010

**Valor orientador

Bolivia

A continuación se presentan los valores de referencia para Bolivia (tabla 5), establecidos en el Protocolo de Vigilancia y Control de Poblaciones Expuestas a Mercurio ²⁰.

Tabla 5. Valores de referencia para mercurio en Bolivia

Matriz de mercurio	Límite Máximo permitido	Observación	Fuente/referencia bibliográfica
Límites en agua			
Mercurio Hg	0.001 mg/L	Valor Máximo aceptable para agua potable. Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere este valor.	Norma Boliviana NB 512 de requisitos para agua potable (diciembre de 2010) ²⁰
Agua superficial	< 5 ng/L	Valores límite en otros tipos de aguas	U.S. National Water Quality Criteria ²⁰
Agua de riego	0,002 mg/L	Valores límite en otros tipos de aguas	Alemania DVGW 1985. ²⁰
Agua residual	0,002 mg/L (diario) 0,001 mg/L (mes)	Valores límite en otros tipos de aguas	Bolivia, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Límites permisibles para descargas líquidas (Anexo A-2) 2005. ²⁰
Límites en aire			
Mercurio	1 µg/m ³	Media aritmética anual	Bolivia, Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (Anexo 2) 2005 ²⁰
Límites en suelos			
Mariscos	0.3 mg de Hg/Kg		Países Bajos, Terra Tech 6/94 ²⁰
Mercurio en suelos	1 mg/Kg		España, Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre de 1990 ²⁰
Mercurio en suelo seco con pH < 7	1,5 mg/Kg		
Mercurio en suelo seco con pH > 7	16 mg/Kg		
Mercurio en lodos destinados a utilización agraria con pH < 7	25 mg/Kg		
Mercurio en lodos destinados a utilización agraria con pH > 7	0,3 mg de Hg/Kg		

Matriz de mercurio	Límite Máximo permitido	Observación	Fuente/referencia bibliográfica
Límites en alimentos			
Mariscos	1 ppm	1 parte de metilmercurio por cada millón de partes de pescados y mariscos.	FDA – EE. UU. ²⁰
Consumo humano (mercurio orgánico)	0,2 mg/sem.	Consumo máximo semanal de Hg orgánico	OMS, Clark 1992 ²⁰
Pescados y mariscos	0,3 mg/Kg		Comunidad Europea 1986, EDF ²⁰
Leche, queso	0,01 mg/Kg		Alemania Grossklauss 1989 ²⁰
Límites en higiene industrial			
Mercurio elemental y formas inorgánicas	LMP-ED ¹ = 0,025 mg/m ³		Bolivia, Reglamento en Salud Ocupacional INSO 2008 ²⁰
Mercurio Compuestos Orgánicos:			
Compuestos alquílicos	LMP-ED = 0,01 mg/m ³		Bolivia, Reglamento en Salud Ocupacional INSO, 2008 ²⁰
Compuestos alquílicos	LMP-EC ² = 0,03 mg/m ³		ACGIH – EE. UU. 2007 ²⁰
Índices biológicos			
Sustancia	IB ³	Observaciones	Referencia
Mercurio inorgánico total en orina	35 µg de Hg/g creatinina	Tiempo de muestreo: antes del turno. Notación B ⁴	Bolivia, Reglamento en Salud Ocupacional INSO 2008 ²⁰
Mercurio inorgánico total en sangre	15 µg de Hg/L	Tiempo de muestreo: al final del turno del último día de la semana de trabajo. Notación B.	Bolivia, Reglamento en Salud Ocupacional INSO, 2008 ²⁰
Mercurio inorgánico total en orina	50 µg de Hg/g creatinina		OMS, Límites de exposición profesional a los metales pesados que se recomiendan por razones de salud. Serie Informes Técnicos 647, 1980 ²⁰
Mercurio orgánico en sangre	10 µg de Hg/dL de sangre		Maximum Concentrations of the Workplace and Biological Tolerance Values for Working Materials, Weinheim, Federal Republic of Germany 1986 ²⁰

Fuente: Protocolo de vigilancia y control de poblaciones expuestas a mercurio ²⁰.

¹ Límite máximo permisible – exposición día (LMP-ED): es la concentración media ponderada en el tiempo referida a una jornada de trabajo de 8 horas/día y 40 horas semanales a la que puede estar expuesto un trabajador sin presentar efectos adversos en su salud.

² Límite máximo permisible – exposición corta (LMP-EC): es la exposición media ponderada en un tiempo de 15 minutos, que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral, aun cuando la media ponderada en el tiempo, que corresponde a las ocho horas, sea inferior a este valor límite. Las exposiciones por encima de LMP-EC hasta el valor límite de exposición de corta duración no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango. Se recomienda un período medio de exposición distinto de 15 minutos cuando lo justifiquen los efectos biológicos observados.

³ IB: índice biológico.

⁴ B: concentración de fondo; el determinante puede estar presente en muestras biológicas tomadas en sujetos que no han estado expuestos laboralmente a concentraciones que podrían afectar a la interpretación del resultado. Estas concentraciones de fondo están incluidas en el valor del índice biológico.

Referencias

- 1 World Health Organization (WHO) y United Nations Environment Programme (UNEP). Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure 2008.
- 2 UNEP. Global Mercury Assessment. UNEP Chemicals Mercury Programme. 2002. Disponible en: www.chem.unep.ch/mercury/Report/Final%20Assessment%20report.htm
- 3 Proyecto GAMA (Gestión Ambiental en la Minería Artesanal). Disponible en: http://www.elika.net/datos/articulos/Archivo_EN610/Berezi%20Mercurio%20Sep%202010.pdf; y en: <http://rainbow.ldgo.columbia.edu/edf/text/mercury.html>.
- 4 Instituto Nacional de Salud, Colombia. Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones agudas por mercurio. Documento en revisión 2011.
- 5 Ministerio de la Protección Social. Resolución 2115 de 2007. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30008>
- 6 República de Colombia. Decreto 1594 de 1984. Disponible en: http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto1594_19840626.htm (Consultado en mayo de 2011).
- 7 Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá. Resolución 3957/2009. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37051> (Consultado en junio de 2011).
- 8 Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá. Resolución 3956/2009. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37048> (Consultado en junio de 2011).
- 9 Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA). Decreto 602 de 1998. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/descarga/descarga.aspx> (Consultado en junio de 2011)
- 10 Resolución 610/10. Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39330>, (Consultado en mayo de 2011)
- 11 Vigigáua. Vigilância da qualidade da água para consumo humano. Painel de Informações em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador (PISAST). Disponible en: <http://www.saude.gov.br> (Consultado en junio de 2011).
- 12 Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução núm. 396. Disponible en: www.mma.gov.br/conama (Consultado en mayo de 2011).
- 13 Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução núm. 357. Disponible en: www.mma.gov.br/conama (Consultado en mayo de 2011).
- 14 Ministério do Trabalho, Brasil. Portaria núm. 3214, Diário Oficial da União, 08/06/1978. NR-7, alterada pela Portaria 12, Secretaria de Segurança e Medicina do Trabalho, Ministério do Trabalho, Diário Oficial da União, 14/06/1983. p. 10288-99.
- 15 National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/mercury> (Consultado en mayo de 2011).
- 16 Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução núm. 344. Disponible en: www.mma.gov.br/conama (Consultado en mayo de 2011).
- 17 Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução núm. 420. Disponible en: www.mma.gov.br/conama (Consultado en mayo de 2011).
- 18 Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Portaria núm. 685/98. Disponible en: <http://www.anvisa.gov.br> (Consultado en mayo de 2011).
- 19 FAO/WHO. Evaluation of certain contaminants in food: seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO technical report series, núm. 959, 2011.
- 20 Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, INSO, OPS/OMS. Protocolo de vigilancia y control de poblaciones expuestas a mercurio. La Paz, Bolivia.
- 21 Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica, Decreto Supremo núm. 24176, de 08 de diciembre de 1995: La Paz, Bolivia. Junio de 2011.

Capítulo 5: Biomarcadores de exposición a mercurio

Alysson Lemos

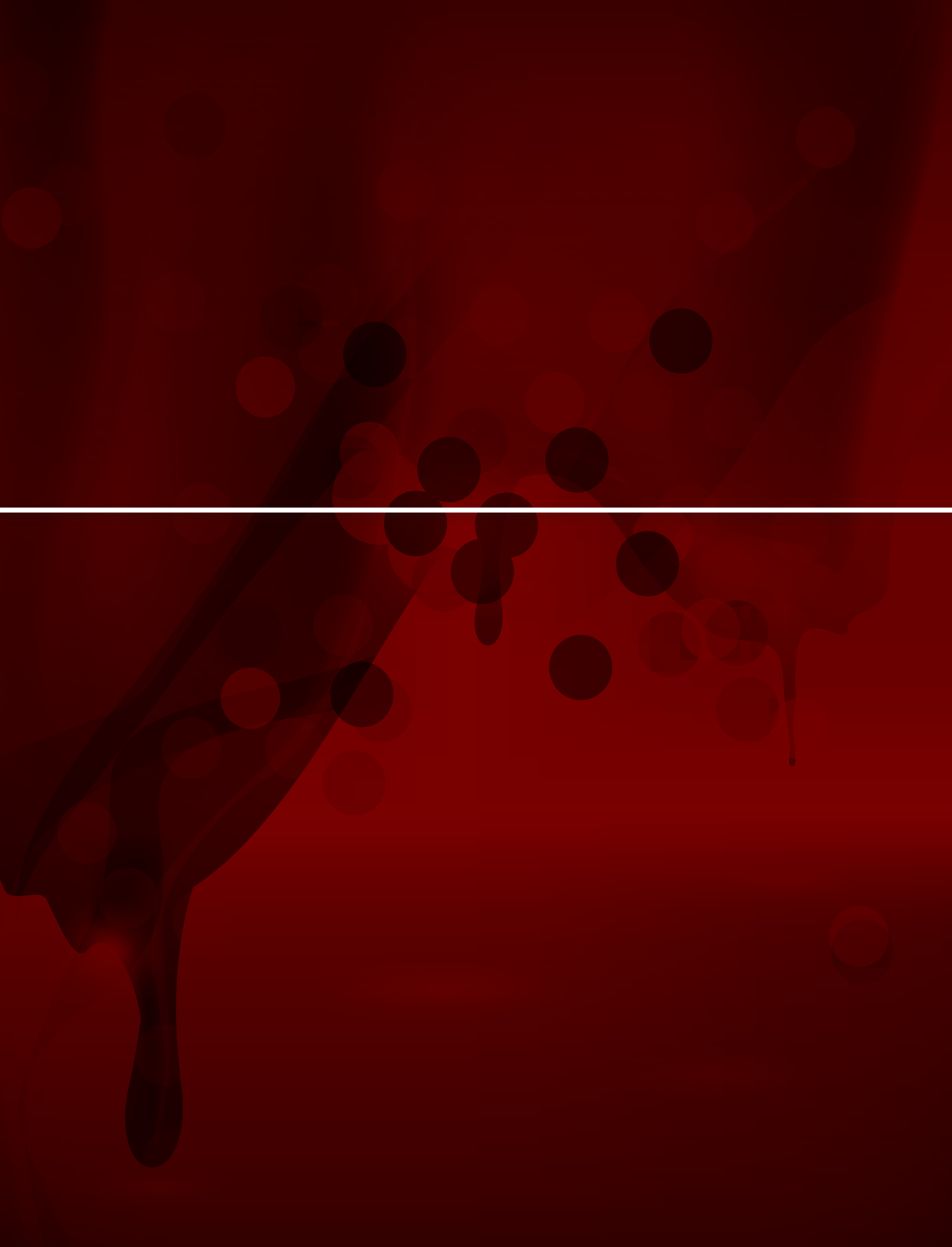
Organización Panamericana de la Salud, Brasil

Erika Montaña

Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (Inlasa),
Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia

Ruth Marién Palma Parra

Instituto Nacional de Salud de Colombia



Las exposiciones humanas a contaminantes químicos pueden ser estimadas por la cuantificación de niveles de contaminantes en varios tejidos del cuerpo. Estas medidas se conocen como marcadores biológicos o biomarcadores y se consideran herramientas útiles para la vigilancia en salud y la evaluación de la exposición humana a tales contaminantes. Los biomarcadores son índices sensibles de una exposición individual al mercurio, proporcionan una medida de la dosis interna y se pueden usar para evaluar los efectos adversos en la salud y para mejorar el diagnóstico clínico ¹.

En la evaluación de la idoneidad de un biomarcador de la exposición es importante tener en cuenta varios factores, a saber:

1. Cómo el biomarcador se correlaciona con la exposición a varias formas del mercurio.
2. Cómo el biomarcador se correlaciona con la concentración de mercurio en el tejido blanco.
3. Cómo el biomarcador se correlaciona con la concentración de mercurio en el tejido blanco y las variaciones de exposición a lo largo del tiempo.
4. Qué tipo de biomarcador sería el más adecuado, considerando las características culturales de la población.
5. Qué tipo de tecnología está disponible para la cuantificación del biomarcador.

Los siguientes medios biológicos pueden usarse como biomarcadores para exposición al mercurio en seres humanos:

- Sangre (incluida la sangre del cordón umbilical)
- Cabello
- Orina
- Leche humana
- Uñas de los pies

Existen diversos métodos analíticos disponibles para determinar la concentración de mercurio, aunque la elección del método depende de varios factores, como las normativas de análisis de cada país, las capacidades del laboratorio, los equipamientos disponibles y el recurso humano capacitado, etc. Sea cual sea el método de análisis utilizado, es extremadamente importante el control de calidad y la garantía de calidad de los datos obtenidos, incluyendo la determinación simultánea de las muestras certificadas ².

La toma de muestras del material biológico es un componente importante en los estudios de estimaciones de la exposición humana a contaminantes químicos. Es esencial para los investigadores recoger muestras biológicas y obtener la información clínica de los participantes, a quienes previamente debe informárseles y quienes deben expresar su disposición a participar en la investigación. De acuerdo con la Declaración de Helsinki, los participantes en estudios de investigación médica deben dar su consentimiento explícito informado de los menores; este consentimiento debe ser dado por el tutor, y los estudios deben ser aprobados por los comités de ética de investigación ².

Los datos deben estar a salvo y seguros. La información personal será confidencial. Los científicos y responsables del estudio deben asegurar que todos los participantes de

los estudios estén adecuadamente protegidos contra daños indebidos derivados de una fuga accidental de información personal sensible. También deben considerarse varios aspectos culturales y religiosos cuando se diseña un estudio para evaluar la exposición. En este sentido, la aceptabilidad de la recolección de sangre y de cabello puede variar.

Sangre

La presencia de mercurio en la sangre indica la exposición reciente o actual. Existe una relación directa entre las concentraciones de mercurio en la sangre humana y el consumo de pescado contaminado con metilmercurio. Como se describió anteriormente, el metilmercurio en la dieta se absorbe fácilmente por el tracto gastrointestinal y se distribuye a todo el cuerpo por la sangre. Por lo general, la concentración de metilmercurio en la sangre alcanza un máximo de 4 a 14 horas y pasa a través de depuración de la sangre a otros tejidos del cuerpo después de 20 a 30 horas.

La Organización Mundial de la Salud considera que la concentración normal de mercurio total en la sangre es entre 5 a 10 $\mu\text{g/L}$ en personas con un consumo de pescado contaminado. El National Research Council (NRC) identifica 2 $\mu\text{g/L}$ como la concentración medio normal para la población con poco o ningún consumo de pescado en los EE. UU. La recolección, almacenamiento y transporte de muestras de sangre depende de varios factores. Además, la extracción de sangre es un procedimiento invasivo en el individuo, que generalmente se extrae de una vena y requiere material estéril adecuado y requiere de profesionales capacitados para garantizar que las muestras se recolecten de forma segura y correcta, además de que requiere el consentimiento de la persona ¹.

Cordón umbilical

La sangre del cordón umbilical también puede ser considerada como un marcador biológico, sin embargo es importante evaluar la idoneidad de este tejido. Este biomarcador se ha utilizado en los estudios originales de Minamata y en al menos dos estudios de corte. En un estudio de validación se demostró que las concentraciones de mercurio en la sangre del cordón umbilical han sido mejores para la caracterización de la exposición al metilmercurio en los recién nacidos que el cabello de las madres. Esta muestra es fácil de recoger en el momento del parto. En un estudio prospectivo en las Islas Faroe, los biomarcadores de exposición principales fueron las concentraciones de mercurio en la sangre del cordón umbilical y del cabello de la madre, obtenidas en el parto ¹.

Cabello

El cabello secuestra durante su formación metilmercurio y muestra una relación directa con los niveles de mercurio en la sangre, por lo cual proporciona un método preciso y confiable para medir los niveles de metilmercurio en el organismo. La sangre se puede

utilizar para estimar la exposición a corto plazo a metilmercurio a diferencia del cabello. El cabello es la opción preferida para muchos estudios, pues proporciona una muestra simple, que no es invasiva, para estimar la exposición a mediano y largo plazo al metilmercurio. Una vez incorporado en el cabello, el mercurio no vuelve a la sangre, por lo tanto se caracteriza como un buen marcador a largo plazo de exposición al metilmercurio. La estructura del cabello depende de la etnia y edad, y eso puede afectar la incorporación del mercurio. El color del cabello, tratamientos químicos y físicos pueden remover el mercurio del cabello. Si el cabello es utilizado para estimar la dosis de mercurio, deben considerarse todos esos factores.

El mercurio total en el cabello es de aproximadamente 250 a 300 veces mayor que la concentración de mercurio en la sangre en el momento en que el cabello se forma. El nivel normal de mercurio en el cabello es de 1-2 ppm (o 1-2 $\mu\text{g/g}$), sin embargo, las personas que consumen pescado una o más veces por día pueden tener niveles de mercurio en cabello por encima de 10 ppm. La dosis de referencia de la US EPA es de 1 ppm de mercurio en el cabello de las personas que tienen bajo consumo de pescado. El metilmercurio por lo general constituye cerca del 80% de mercurio total en cabellos analizados entre los consumidores de pescado. Por tanto, el mercurio en el cabello es un buen biomarcador de exposición al metilmercurio, razón por la que se utiliza para caracterizar la exposición a metilmercurio³. El cabello no es tan buen indicador de exposición al vapor de mercurio como la orina¹.

Las mediciones de los niveles de mercurio en el cabello de manera secuencial pueden ayudar a la identificación de picos de exposiciones, como, por ejemplo, debido a variaciones en el consumo de temporada. En algunos estudios se ha identificado picos de exposiciones en exposición crónica como un factor importante que contribuye a efectos adversos a la salud³. El cabello crece aproximadamente 1 cm por mes, lo que permite la evaluación del perfil de la exposición en el tiempo¹.

Orina

La presencia de mercurio en orina generalmente indica la exposición a mercurio inorgánico o elemental¹. Los niveles de mercurio en orina se consideran la mejor medida de exposición reciente a vapor de mercurio inorgánico y a mercurio elemental, pues es utilizado para indicar los niveles de mercurio presentes en los riñones². Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, el mercurio inorgánico acumulado en el riñón se excreta lentamente por la orina. Por tanto, estos niveles también pueden representar la exposición al mercurio elemental o mercurio inorgánico que ocurrió en algún momento en el pasado.

La concentración de residuos en orina puede variar significativamente debido a la cantidad de dilución con agua; las pruebas para los contaminantes presentes en la orina son frecuentemente expresados en unidades de contaminante μg por gramo de creatinina.

La creatinina es un producto de descomposición de la creatina, que es una parte importante del músculo. A lo largo del tiempo, la molécula de creatina se degrada gradualmente a creatinina. La creatinina es un producto de desecho, es decir, no puede ser utilizado por las células para ningún propósito constructivo. La producción diaria de creatina y creatinina depende de la masa muscular, lo que varía poco en la mayoría de las personas normales durante largos periodos de tiempo. La creatinina es excretada completamente por los riñones, por lo tanto, la medida de mercurio por gramo de creatinina μg es una medida útil de los niveles de mercurio en la orina. Se ha reportado estrecha correlación entre los niveles de mercurio elemental en el aire inhalado y los niveles en orina. Los niveles de mercurio en la orina rara vez superan los $5 \mu\text{g/g}$ de creatinina en personas que no están expuestas al mercurio ².

La conversión de los niveles de biomonitoreo de los niveles de exposición

Los niveles de mercurio se miden en un medio específico, como la sangre, cabello y orina, y se pueden convertir en un estimado de la dosis diaria media o el nivel de exposición por medio de diversos factores de conversión. Sin embargo, debe considerarse que existen limitaciones, incertidumbres y variabilidad en el uso de estos factores de conversión. Por ejemplo: la exposición a las diferentes formas de mercurio y compuestos inorgánicos de mercurio en las amalgamas dentales y la exposición al metilmercurio a través del consumo de pescado darán lugar a resultados diferentes con respecto a los niveles del tejido y depuración. Por lo tanto, debe considerarse la exposición a diferentes formas de mercurio. Por otra parte, tal como se describe en secciones anteriores, hay un intervalo entre la exposición a diversas formas y niveles de mercurio y el mercurio que se encuentra en varios tejidos del cuerpo.

Sin embargo, la relación cuantitativa entre los niveles de mercurio en el cabello y la sangre y los niveles medios de la dosis diaria de mercurio, en especial el metilmercurio, se entienden razonablemente bien. Por lo tanto, la dosis de este tipo de conversiones a menudo se puede hacer con una confianza razonable si se conoce la información sobre las formas de mercurio.

También pueden identificarse las variaciones en poblaciones específicas. Por ejemplo, en una ingesta de metilmercurio con un promedio diario de $0,1$ microgramos por kg de peso corporal por día ($0,1 \mu\text{g/kg}$ por día) por una mujer adulta, se estiman las concentraciones de mercurio de alrededor de $1 \mu\text{g/g}$ en cabello, los niveles de la sangre de cordón umbilical de aproximadamente 5 a $6 \mu\text{g/L}$ y las concentraciones de mercurio en la sangre alrededor de $4-5 \mu\text{g/L}$. Esta relación suele ser directamente proporcional. Si la información disponible indica que el metilmercurio es la forma principal de exposición al mercurio, y se dispone de datos sobre los niveles medidos en la sangre o cabello, entonces se puede calcular la dosis diaria estimada. Se puede obtener más información acerca de

las conversiones en las siguientes referencias, entre otras.: EUA ATSDR, 1999; NRC, 2000; EUA EPA, 2001a, EUA EPA, 1997c e EUA EPA, 1997d, a WHO 2004.

Referencias

- 1 World Health Organization. International Programme on Chemical Safety (IPCS): Environmental Health Criteria 214, Human Exposure Assessment Ginebra. 2000. Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm>
- 2 WHO y UNEP. Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure. 2008.
- 3 McDowell, .., Dillion, .., Osterloh, ., Bolger, .., Pellizzari, ., Fernando, ., Montes de Oca, ., Schober, .., Sinks, ., Jones, .., Mahaffey, .R. Hair Mercury Levels in US Children and Women of Childbearing Age: Reference Range Data from NHANES 1999-2000. Environmental Health Perspective. 2004; 112 (11): 1165-71. Disponible en: <http://www.ehponline.org/members/2004/7046/7046.html>



Capítulo 6: Metodologías de análisis de mercurio

Iracina Maura de Jesus

Instituto Evandro Chagas – IEC/SVS/MS, Brasil

Jaime Chincheros Paniagua

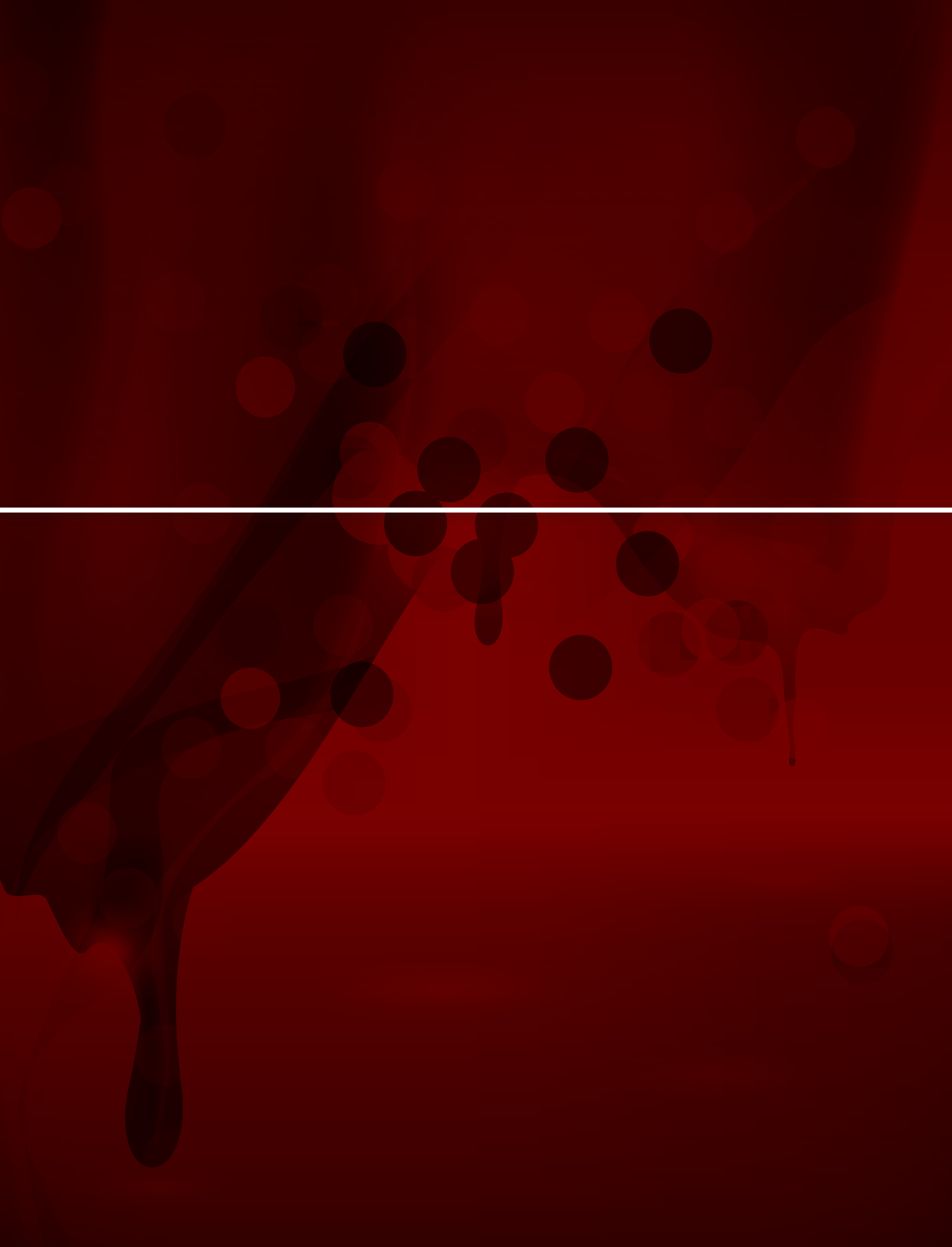
Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia

Marcela Varona Uribe

Instituto Nacional de Salud de Colombia

Marcelo Lima de Oliveira

Instituto Evandro Chagas – IEC/SVS/MS, Brasil



La identificación y cuantificación de mercurio en materiales biológicos y ambientales para atender la Vigilancia Ambiental en Salud (VAS) y las investigaciones científicas siempre exigieron que los analistas tuvieran un cuidado especial, por varias razones: a) como el mercurio es un elemento circulante en la naturaleza, todos los procedimientos analíticos para cuantificar este metal exigen ambientes con el máximo de limpieza para aumentar la confiabilidad y garantizar la calidad de los resultados; b) el mercurio elemental es líquido y volátil a temperatura ambiente, lo que dificulta los procesos de apertura de muestras altamente energéticas, es decir, se deben tomar precauciones para evitar pérdidas por volatilización; c) los estudios de los ciclos biogeoquímicos del mercurio demuestran que en la naturaleza este metal se presenta tanto en la forma elemental como en las formas inorgánica y orgánica, siendo estas últimas de mayor toxicidad, por lo que es necesario realizar análisis toxicológicos más complejos que exigen procedimientos de especiación química, métodos que, a pesar de los avances tecnológicos, incluso hoy son lentos y caros; d) algunos tipos de muestras biológicas y ambientales presentan mercurio en niveles traza que exigen usar equipos con detectores altamente sensibles, procesos delicados de preconcentración y reactivos apropiados con alto grado de pureza ¹⁻¹¹.

En las últimas seis décadas, cuando se discutían los efectos tóxicos del mercurio sobre la salud humana en los foros científicos y gubernamentales, principalmente después del incidente ambiental de Minamata, en Japón –donde las investigaciones confirmaron daños a la salud humana relacionados con la ingesta de pescado contaminado con metilmercurio–, las metodologías analíticas para identificar y cuantificar el mercurio recibieron atención especial en la búsqueda de resultados confiables, junto con mayores exigencias de control de calidad. Paralelamente al desarrollo de estas metodologías, surgieron discusiones cada vez más específicas sobre el ciclo biogeoquímico del mercurio en varios lugares de nuestro planeta, a través del cual el montaje de un verdadero rompecabezas demanda metodologías para límites de detección de niveles ultratrazos ¹²⁻²¹.

Por consiguiente, por ejemplo, los análisis de mercurio en fluidos biológicos y bioindicadores exigen criterios y etapas que deben estar a cargo de profesionales altamente calificados y especializados. Es decir, la continua capacitación y formación de especialistas para desarrollar estas metodologías también pueden ser una herramienta importante para fortalecer la vigilancia ambiental del mercurio. Por ello, las metodologías de análisis de mercurio se deben aplicar a partir de directrices prácticas y jerárquicas, de acuerdo con los objetivos y resultados que se desean lograr. Por lo tanto, un factor importante para garantizar su calidad y confiabilidad es elegir el tipo de matriz biológica o ambiental que se va a evaluar y cómo los niveles de mercurio en esta pueden estar asociados a las especies químicas que se van a cuantificar a través de métodos directos o indirectos. Es decir, no siempre es necesario hacer una especiación química o cuantificación mediante los innumerables tipos de materiales para que los datos sean significativos dentro del enfoque de la vigilancia ambiental del mercurio ²²⁻²⁴.

Por ello, estructurar laboratorios de ensayo con tecnologías para cuantificar el mercurio total puede ser una acción inmediata coherente que, junto con la información epidemioló-

gica y clínica, va a fortalecer la vigilancia ambiental del mercurio. De manera progresiva, se pueden desarrollar análisis más complejos, como procedimientos de especiación química, que dada su complejidad se deben considerar como metas de mediano y largo plazo ²⁵⁻³².

En los últimos años, los costos de las tecnologías para analizar el mercurio total disminuyeron con la inserción de estudios que simplifican los métodos y permiten obtener resultados más directos sin la necesidad de etapas de apertura química de muestras. Cabe resaltar el desarrollo de métodos, aunque experimentales, que usan nuevas herramientas en el campo de la nanotecnología y el perfeccionamiento de la fluorescencia atómica. Si bien algunas de esas metodologías presentan limitaciones para usarlas en materiales cuyos niveles de mercurio son normalmente bajos (trazas y ultratrazas), no significa que sean menos importantes y que no se puedan usar efectivamente en los laboratorios de ensayos del sector salud. Ello contribuye a romper los paradigmas relacionados con las dificultades para notificar a las poblaciones expuestas al mercurio. Debido a esto, y pensando principalmente en fortalecer la vigilancia ambiental del mercurio bajo los aspectos de los usos de metodologías viables y confiables, a continuación se presentan datos técnicos compilados sobre métodos de análisis de mercurio que han demostrado ser significativos y jerárquicos. El objetivo es orientar, en el corto y mediano plazo, sobre las metodologías que se pueden usar para estructurar y conformar laboratorios de ensayos especializados, capaces de realizar análisis de calidad en materiales biológicos y ambientales.

Métodos tradicionales de análisis de mercurio total

A partir de las características físicas y químicas del mercurio, las metodologías de apertura ácida y análisis por espectrometría de absorción atómica con vapor frío (CV-AAS), espectrometría de absorción atómica con generación de hidratos (HG-AAS), espectrometría de absorción atómica con horno de grafito (GF-AAS), espectrometría de fluorescencia atómica (AFS) y espectrometría de masa acoplado con plasma inducido (ICP-MS) son los más extensamente utilizados para cuantificar el mercurio en materiales biológicos y ambientales. Todas son tecnologías con buena sensibilidad y permiten cuantificar el mercurio en niveles traza y ultratrazas. Sin embargo, la elección de estas metodologías y tecnologías involucra aspectos que abarcan desde el costo inicial de las herramientas espectroanalíticas, la cantidad de reactivos usados en las etapas de apertura hasta los niveles de interferencias espectrales ³³⁻⁵¹.

Actualmente, los avances y la competitividad industrial han permitido disminuir los valores de estas tecnologías, aunque los costos para adquirir equipos que usan ICP-MS siguen siendo elevados, incluidos en este caso también los costos de mantenimiento. En un segundo rango de costos iniciales están los equipos de GF-AAS, HG-AAS y AFS y, luego, los equipos de CV-AAS. Los equipos de CV-AAS, además de ser menos costosos, están disponibles en el mercado en configuraciones exclusivas para analizar el mercurio total a partir del uso de lámparas dedicadas y mejoramientos espectrales. Esta configuración de los equipos de CV-AAS, además de su versatilidad, disminución de costos y

aplicabilidad en matrices biológicas y ambientales, permite aumentar la sensibilidad en las metodologías que usan este tipo de tecnología, ya que generalmente sus límites de detección son tan buenos como los obtenidos para metodologías que usan equipos de ICP-MS, GF-AAS, HG-AAS y AFS. No obstante, a pesar de que tales metodologías son más costosas, principalmente para adquirir tecnologías espectroanalíticas, cabe resaltar que las metodologías que usan ICP-MS presentan menores posibilidades de interferencias espectrales y encubrimiento de los resultados, y se ejecutan con menor cantidad de reactivos. Cabe resaltar que las metodologías que usan tecnologías espectroanalíticas exigen la supervisión por analistas capacitados tanto en las etapas de preparación de muestras como de cuantificación ³³⁻⁵¹.

Estas observaciones, relacionadas con las capacidades financieras de cada país, demuestran que el uso de metodologías que emplean ICP-MS está distante de las realidades económicas regionales. Por ello, se recomienda usar métodos que empleen GF-AAS, HG-AAS, AFS y CV-AAS. Sin embargo, la elección y aplicación de cada una de estas tecnologías depende de las condiciones intrínsecas del laboratorio de cada país, respetando la necesidad de validar las metodologías y de participar en programas interlaboratoriales regionales e internacionales para garantizar la calidad de los resultados. Otro aspecto que se debe discutir es la capacidad de usar estas metodologías en materiales biológicos y ambientales cuyo rango de resultados pueda involucrar resultados en niveles muy bajos. Por lo tanto, la aprobación de estas metodologías debe estar bajo el control de programas de mejora de la calidad a fin de garantizar resultados confiables que se puedan usar en la vigilancia ambiental del mercurio ³³⁻⁵¹.

Como ejemplo, en este contexto, las metodologías para analizar el mercurio total, implementadas y desarrolladas en Brasil en asociación con la JICA en las dos últimas décadas, presentan características fundamentales que atienden los requisitos iniciales para implementar la red de laboratorios de ensayos capacitados para cuantificar el mercurio con calidad y confiabilidad. A pesar de que este tipo de metodología usa CV-AAS, se deben seguir criterios de calidad y equipos que permitan análisis con versatilidad en materiales ambientales y biológicos. También cabe resaltar la robustez y estandarización de la metodología para innumerables matrices, lo que simplifica su uso para atender las rutinas de la vigilancia ambiental del mercurio, así como las necesidades de las investigaciones en la Amazonía.

En las últimas décadas, este tipo de metodología para analizar el mercurio total está obteniendo excelentes resultados en programas de intercalibración internacional, con referencia mundial en los aspectos de garantía de calidad y confiabilidad. Lo que se ha criticado en estas metodologías ha sido el uso de materiales específicos cuyas tecnologías son japonesas. Sin embargo, se ha facilitado la adquisición de estos materiales a través de acuerdos internacionales bilaterales entre los países interesados y el gobierno japonés, con intermediación de la JICA. Por otro lado, otro aspecto que se debe considerar al discutir el uso de esta metodología en la *Panamazonía* es la existencia de competencia técnica de análisis en Brasil, factor que puede facilitar, en el corto y mediano plazo, la transferencia

de conocimientos a los países vecinos y, de esta forma, contribuir con el fortalecimiento de la vigilancia ambiental del mercurio.

La metodología desarrollada por Akagi consiste básicamente en etapas de homogeneización, descontaminación exógena y tratamiento físico de las muestras (esta última en caso de ser necesario, como por ejemplo, durante los análisis de mercurio total en el tejido capilar y en el pescado, matrices ambientales importantes para la vigilancia ambiental del mercurio). Después de esta etapa, las muestras se pesan y se someten a aperturas ácidas y energéticas con duración de cerca de 20 a 30 minutos, dependiendo del tipo de matriz evaluada. Para esta etapa es importante usar reactivos altamente purificados y con el máximo de exención para mercurio, así como reactivos cuya afinidad por electrones minimice e incluso elimine la posibilidad de pérdidas por volatilización del mercurio. Después de esta etapa que ocurre en frascos de reacción que soportan altas temperaturas, las muestras se enfrían y calibran y quedan listas para análisis por CV-AAS. Cabe resaltar que este procedimiento es prácticamente el mismo para varios tipos de matrices biológicas y ambientales, lo que facilita la obtención de datos mediante la vigilancia ambiental del mercurio y, así, se amplía la capacidad de discutir la exposición ambiental a este tipo de contaminante ⁵².

También debemos citar las metodologías usadas en Bolivia, que emplean la tecnología de CV-AAS relacionadas con el uso de equipos que acoplan sistemas de análisis por inyección de flujo (FIA) y que se están usando para analizar el mercurio total en tejidos animales. Estas metodologías consisten básicamente en apertura ácida, seguida de análisis por sistema que emplea CV-AAS y FIA ⁵³.

Métodos de análisis directo de mercurio total

Los métodos para análisis directo de mercurio total se basan en las etapas de combustión de las muestras y el análisis por espectrometría de absorción atómica (AAS). Presentan como gran diferencial el uso de métodos que simplifican el tratamiento de las muestras, resumiéndose normalmente las etapas de secado y de homogeneización de acuerdo con el tipo de matriz biológica o ambiental que se desea evaluar. Como se puede observar, son métodos en los que el uso de reactivos disminuye significativamente, al igual que los costos de los análisis. Sin embargo, de acuerdo con los niveles que se van a cuantificar, pueden presentar limitaciones de sensibilidad y robustez relacionadas con oscilaciones significativas en el *background*, factor característico de los equipos de combustión/pirólisis debido a los ruidos característicos en la línea de base que limitan este tipo de tecnología. Actualmente, estas barreras limitantes se minimizaron mediante tecnologías on-line que permitieron etapas de preconcentración a través de amalgamación. Asimismo, se aumentó el límite de detección, lo que permitió cuantificar el mercurio en niveles cada vez menores en los más variados tipos de muestras ambientales y biológicas. Complementariamente, estas tecnologías agregaron el uso de métodos de corrección de *background*

del tipo Zeeman, lo que permitió modular las señales y disminuir significativamente el ruido de la línea de base.

En este contexto, se están usando ampliamente tres tecnologías. La primera, desarrollada por la empresa Lummax International, basada en las etapas de pirolisis, amalgamación, separación espectral con *Zeeman* y espectrometría de absorción atómica, usa accesorios que permiten análisis en muestras biológicas y ambientales, como, por ejemplo, sangre, agua y aire, matrices cuyos niveles son normalmente muy bajos. Otra ventaja de este tipo de tecnología es la portabilidad con aplicación simplificada en actividades de campo que permiten obtener resultados inmediatos, factor que puede contribuir significativamente con el desarrollo de la vigilancia ambiental del mercurio. Una limitación de este tipo de tecnología es la inserción manual e individual de muestras, lo que exige la presencia permanente del operador durante las etapas de análisis. Este tipo de metodología con el uso de la tecnología Lummax se está usando con éxito para cuantificar el mercurio total en muestras de sangre, orina y agua en Colombia y se debe entender también como una herramienta importante para consolidar la red de vigilancia ambiental del mercurio³³⁻⁵¹.

La segunda: la empresa Milestone desarrolló una tecnología similar con el modelo DMA-80, también basado en las etapas de pirolisis, conversión catalítica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica. Este equipo de alta sensibilidad aplicado a muestras sólidas y líquidas se comercializa acompañado de muestreador automático, factor que facilita y hace menos continua la presencia del operador durante la etapa de análisis. Una limitación de esta tecnología presentada en el modelo DMA-80 es el uso de oxígeno analítico para mejorar el desempeño del equipo, lo que restringe su uso al laboratorio, por lo que no se puede usar en actividades de campo ni para análisis de mercurio en muestras de aire. A pesar de estas limitaciones, este tipo de tecnología presenta una amplia posibilidad de aplicación en las actividades de la vigilancia ambiental del mercurio, principalmente para proveer resultados rápidos en la atención de los individuos que buscan atención directa en los laboratorios de ensayos.

La tercera: la empresa Teledyne Technologies Company desarrolló otra tecnología de análisis directo de mercurio a través de los modelos Hydra, que consiste en la inserción de muestras líquidas y sólidas que son sometidas a las etapas de combustión y análisis por espectrometría de absorción atómica con vapor frío (CV-AAS). Esta tecnología permite el acoplamiento a muestreadores automáticos, lo que aumenta la agilidad en las etapas de análisis. El buen desempeño de este tipo de tecnología consiste en usar, en la etapa final de la técnica, la espectrometría de absorción atómica con vapor frío (CV-AAS), metodología que amplía la sensibilidad del equipo.

Cabe resaltar que los métodos de análisis directo de mercurio total, a pesar del reconocimiento de algunas metodologías por agencias ambientales, generalmente no se usan en las reuniones internacionales de intercalibración, factor esencial para ampliar su uso con garantías de calidad.

Cuantificación del mercurio orgánico (especiación)

Los métodos de especiación química para cuantificar el mercurio en sus formas orgánicas son necesarios debido a la elevada toxicidad de las especies orgánicas, si se compara con las especies inorgánicas. En las últimas décadas se desarrollaron muchas metodologías de especiación del mercurio, que usaban tecnologías como cromatografía líquida con espectrometría de masas (LC-MS), cromatografía gaseosa con espectrometría de masas (CG-MS) y cromatografía gaseosa con detector de captura de electrones (GC-ECD). También se lograron avances significativos en el desarrollo de sistemas híbridos y sistemas *on-line* en flujo, con énfasis en tecnologías que combinan separaciones cromatográficas y detección por métodos espectroanalíticos, como, por ejemplo, LC-CV-AAS, LC-ICP-MS, LC-CV-FAS, CG-FAS ^[54-65].

Los usos de sistemas híbridos amplifican en muchas órdenes de grandeza la sensibilidad para cuantificar el mercurio y mejoran la capacidad de especiación. Sin embargo, exigen la necesidad de acoplarse a tecnologías de excelente separación y tecnologías espectroanalíticas, hecho que prácticamente duplica los costos para adquirir y desarrollar este tipo de metodología. Nuevamente, el uso de estas metodologías demanda costos. Se están perfeccionando los sistemas que usan cromatografía líquida o gaseosa acoplados a espectrómetros de masa. Estos han demostrado alta versatilidad para identificar y cuantificar especies organomercuriales (metilmercurio, etilmercurio, dimetilmercurio, fenilmercurio, etc.). Sin embargo, su adquisición y mantenimiento involucran costos elevados, en comparación con metodologías que usan GC-ECD, equipos comercialmente disponibles a bajo costo. No obstante, el uso de CG-ECD, a pesar del menor costo de adquisición de tecnologías, exige etapas más trabajosas de extracción y separación de las muestras; se usa principalmente para cuantificar el metilmercurio, la forma más tóxica del mercurio. Otro aspecto metodológico importante es la necesidad de que las muestras para análisis se encuentren disueltas en fluidos para cuantificación en la mayoría de estas tecnologías. Es decir, exigen etapas de extracción delicadas y cuyas pérdidas pueden ser significativas. La mayoría de estas metodologías permiten análisis en los más variados tipos de matrices, pero el conocimiento de estos métodos de apertura aún está limitado a pocos centros de excelencia ⁵⁴⁻⁶⁵.

Conclusiones

Cabe resaltar los avances y el fortalecimiento de laboratorios que tienen la capacidad de realizar ensayos de especiación del mercurio y permiten cuantificar al menos los niveles de metilmercurio. Sin embargo, los elevados costos demandan que tal capacidad se centre en algunos centros de excelencia que de manera acordada atenderían la vigilancia ambiental del mercurio. Es decir, en los niveles actuales, cuantificar el mercurio total todavía es un reto importante y tiene que ser una meta que se debe lograr en el corto y mediano plazo.

Para que la vigilancia ambiental del mercurio establezca sistemas de notificación confiables determinados en los aspectos clínicos, epidemiológicos y laboratoriales, los datos de mercurio total son una etapa inicial importante que permitirá que los gobiernos de los países de la *Panamazonía* puedan identificar los riesgos y establecer políticas públicas para garantizar la calidad de vida de los individuos.

Para evaluar el mercurio total hubo avances significativos tanto para perfeccionar los métodos tradicionales como para usar métodos de análisis más directos con menor manipulación de reactivos, lo que indica que ambos poseen buena aplicabilidad y viabilidad, siempre que estén asociados a mecanismos de control de calidad que permitan la confiabilidad de los resultados.

Por lo tanto, uno de los aspectos más importantes es priorizar los análisis de mercurio total, que deben estar relacionados con el uso de criterios de calidad y con la continua valorización de participación en programas interlaboratoriales paralelos a la aplicación y desarrollo de materiales de referencia certificada (CRM). No obstante, todos los laboratorios de ensayo que van a ser acreditados/habilitados a partir de estos criterios de calidad deben ser estimulados a mediano y largo plazo para que desarrollen su capacidad analítica para especiación química del mercurio, ya que los datos disponibles en los últimos 30 años sobre los niveles de mercurio en los ecosistemas amazónicos y poblaciones son alarmantes y demuestran que se requieren estudios futuros de especiación del mercurio para cuantificar los niveles de metilmercurio.

Referencias

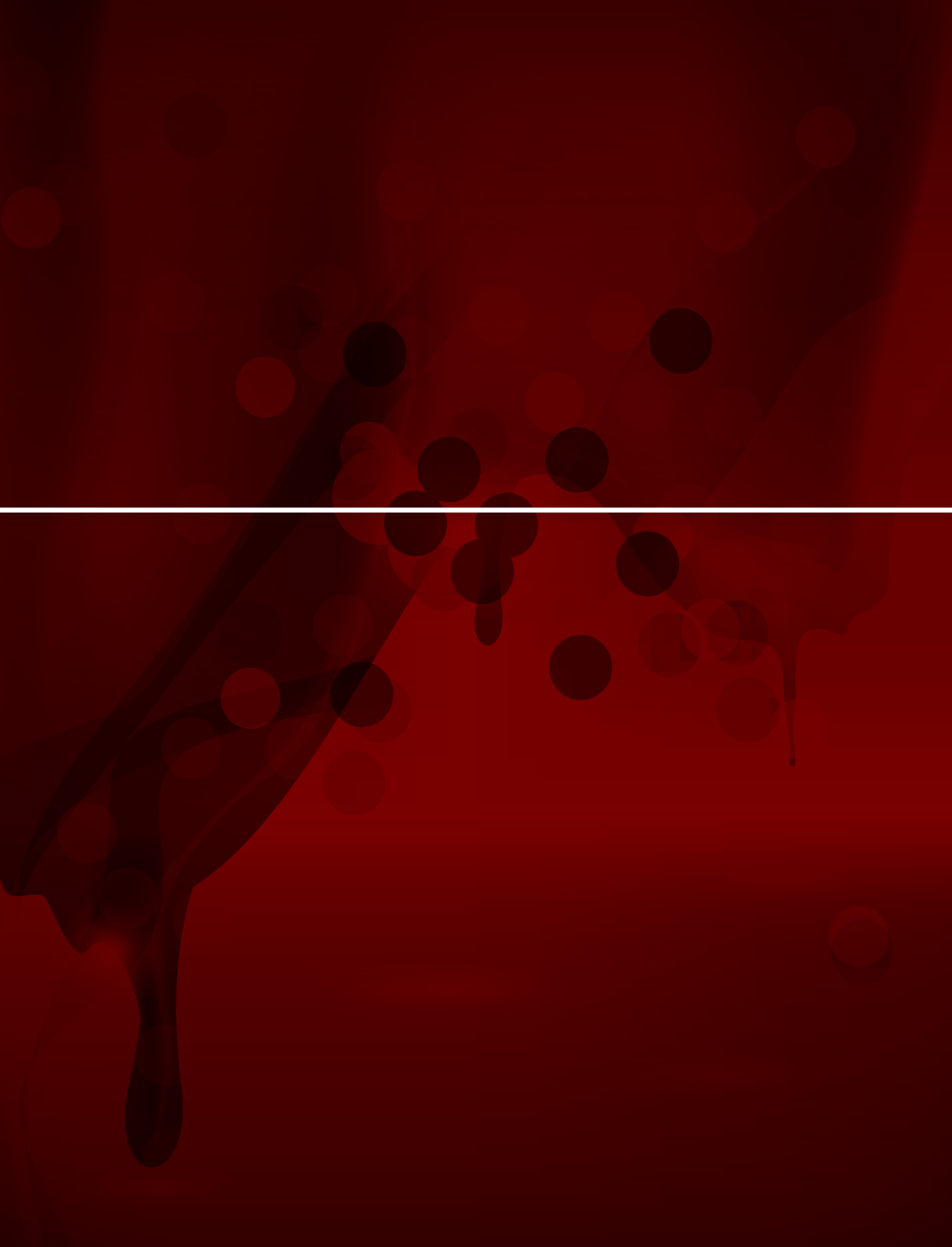
- 1 Mailman M, Stepnuk L, Cicek N, Bodaly RA. *Strategies to lower methyl mercury concentrations in hydroelectric reservoirs and lakes: A review*. *Science of the Total Environment* 2006; 368, 224-235.
- 2 Sikkema JK, Alleman JE, Ong SK, Wheelock TD. Mercury regulation, fate, transport, transformation, and abatement within cement manufacturing facilities: Review. *Science of the Total Environment* 2011; 409, 4167-4178.
- 3 Leopold K, Foulkes M, Worsfold P. Methods for the determination and speciation of mercury in natural waters—A review. *Analytica Chimica Acta*, 2010; 663, 127-138.
- 4 Leopold K, Foulkes M, Worsfold P. Preconcentration techniques for the determination of mercury species in natural waters. *Trends in Analytical Chemistry* 2009; 28 (4), 426-435.
- 5 Nevado JJB, Martín-Doimeadios RCR, Bernardo FJG, Moreno MJ, Herculano AM, Nascimento JLM, Crespo-López ME. Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon: A review. *Environment International* 2010; 36, 593-608.
- 6 Camargo JA. Contribution of Spanish-American silver mines (1570-1820) to the present high mercury concentrations in the global environment: a review. *Chemosphere* 2002; 48, 51-57.
- 7 Poissant L, Zhang HH, Canário J, Constant P. Critical review of mercury fates and contamination in the arctic tundra ecosystem. *Science of the Total Environment* 2008; 409, 173-211.
- 8 Li P, Feng XB, Qiu GL, Shang LH, Li ZG. *Journal of Hazardous Materials* 2009; 168, 591-601.
- 9 Canário J, Poissant L, O'driscoll N, Vale C, Pilote M, Lean D. Sediment processes and mercury transport in a frozen freshwater fluvial lake (Lake St. Louis, QC, Canada). *Environmental Pollution* 2009; 157, 1294-1300.

- 10 Wang Q, Kim D, Dionysiou DD, Sorial GA, Timberlake D. Sources and remediation for mercury contamination in aquatic systems-a literature review. *Environmental Pollution* 2004; 131, 323-336.
- 11 Jia X, Han Y, Liu X, Duan T, Chen H. Speciation of mercury in water samples by dispersive liquid-liquid microextraction combined with high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B* 2011; 66, 88-92.
- 12 Bargagli R, Monaci F, Bucci C. Environmental biogeochemistry of mercury in Antarctic ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry* 2007; 39, 352-360.
- 13 Hare AA, Stern GA, Kuzyk ZA, Macdonald RW, Johannessen SC, Wang F. Natural and Anthropogenic Mercury Distribution in Marine Sediments from Hudson Bay, Canada. *Environ. Sci. Technol.* 2010; 44, 5805-5811.
- 14 Pacyna E, Pacyna JM, Steenhuisen F, Wilson S. Mapping the spatial distribution of global anthropogenic mercury atmospheric emission inventories. *Atmospheric Environment*, 2006 40, 4048-4063.
- 15 Burger J, Gochfeld M. Risk, Mercury Levels, and Birds: Relating Adverse Laboratory Effects to Field Biomonitoring. *Environmental Research* 1997; 75, 160-172.
- 16 Ravichandran M. Interactions between mercury and dissolved organic matter-a review. *Chemosphere* 2004; 55,319-331.
- 17 Ye X, Qian H, Xu P, Zhu L, Longnecker MP, Fu H. Nephrotoxicity, neurotoxicity, and mercury exposure among children with and without dental amalgam fillings. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 2009; 212, 378-386.
- 18 Guzzi GP, La Porta CAM. Molecular mechanisms triggered by mercury. *Toxicology* 2008; 244, 1-12.
- 19 Barkay T, Miller SM, Summers AO. Bacterial mercury resistance from atoms to ecosystems. *FEMS Microbiology Reviews* 2003; 27, 355-384.
- 20 Myers GJ, Thurston SW, Pearson AT, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Cernichiari E, Clarkson TW. Postnatal exposure to methyl mercury from fish consumption: A review and new data from the Seychelles Child Development Study. *NeuroToxicology* 2009; 30, 338-349.
- 21 Davidson PW, Myers GJ, Weiss B, Shamlaye CF, Cox C. Prenatal methyl mercury exposure from fish consumption and child development: A review of evidence and perspectives from the Seychelles Child Development Study. *NeuroToxicology* 2006; 27, 1106-1109.
- 22 Graeme KA, Pollack, CV Jr. Heavy Metal Toxicity, Part I: Arsenic and Mercury. *The Journal of Emergency Medicine* 1998; 16 (1), 45-56.
- 23 Pandey SK, Kim K-H, Brown RJC. Measurement techniques for mercury species in ambient air. *Trends in Analytical Chemistry* 2011; 30 (6).
- 24 Holmes P, James KAF, Levy LS. Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health? *Science of the Total Environment* 2009; 408, 171-182.
- 25 Davidson PW, Myers GJ, Cox C, Wilding GE, Shamlaye CF, Huang LS, Cernichiari E, Sloane-Reeves J, Palumbo D, Clarkson TW. Methylmercury and neurodevelopment: Longitudinal analysis of the Seychelles child development cohort. *Neurotoxicology and Teratology* 2006; 28, 529-535.
- 26 Wijngaarden EV, Beck, C, Shamlaye CF, Cernichiari E, Davidson PW, Myers GJ, Clarkson TW. Benchmark concentrations for methyl mercury obtained from the 9-year follow-up of the Seychelles Child Development Study. *NeuroToxicology* 2006; 27, 702-709.
- 27 Santos ECO, Jesus IM, Brabo ES, Loureiro ECB, Mascarenhas AFS, Weirich J, Câmara VM, Cleary D. Mercury Exposures in Riverside Amazon Communities in Pará, Brazil. *Environmental Research Section A* 2000; 84, 100-107.

- 28 Santos ECO, Câmara, VM, Jesus IM, Brabo ES, Loureiro ECB, Mascarenhas AFS, Fayal KRF, Sá Filho GC, Sagica FES, Lima MO, Higuchi H, Silveira IM. A Contribution to the Establishment of Reference Values for Total Mercury Levels in Hair and Fish in Amazonia. *Environmental Research Section A* 2002; 90, 6-11.
- 29 Brabo ES, Santos ECO, Jesus IM, Mascarenhas AFS, Faial KRF. Mercury Contamination of Fish and Exposures of an Indigenous Community in Pará State, Brazil. *Environmental Research Section A* 2000; 84, 197-203.
- 30 Camara VM, Santos ECO. Mercury exposure in the Amazon, Brazil: Contributions from health studies. *Abstracts / Toxicology Letters* 2006; 164, S1-S324.
- 31 Grotto D, Valentini J, Fillion M, Passos CJS, Garcia SC, Mergler D, Barbosa F Jr. Mercury exposure and oxidative stress in communities of the Brazilian Amazon. *Science of the Total Environment* 2010; 408, 806-811.
- 32 Passos CJS, Mergler D, Fillion M, Lemire M, Mertens F, Guimarães JRD, Philibert A. Epidemiologic confirmation that fruit consumption influences mercury exposure in riparian communities in the Brazilian Amazon. *Environmental Research* 2007; 105, 183-193.
- 33 Yan D, Yang L, Wang Q. Alternative Thermodiffusion Interface for Simultaneous Speciation of Organic and Inorganic Lead and Mercury Species by Capillary GC-ICPMS Using Tri-n-propyl-lead Chloride as an Internal Standard. *Anal. Chem.* 2008; 80, 6104-6109.
- 34 Matusiewicz H, Stanisz E. Evaluation of high pressure oxygen microwave-assisted wet decomposition for the determination of mercury by CVAAS utilizing UV-induced reduction. *Microchemical Journal* 2010; 95, 268-273.
- 35 Shah AQ, Kazi TG, Baig JA, Afridi HI, Kandhro GA, Khan S, Kolachi NF, Wadhwa SK. Determination of total mercury in chicken feed, its translocation to different tissues of chicken and their manure using cold vapour atomic absorption spectrometer. *Food and Chemical Toxicology* 2010; 48, 1550-1554.
- 36 Malm O, Branches FJP, Akagi H, Castro MB, Pfeiffer WC, Harada M, Bastos WR, Kato H. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós river basin, Brazil. *The Science of the Total Environment* 1995; 175, 141-150. (CVAAS)
- 37 Cizdziel JV, Tolbert C, Brown G. Direct analysis of environmental and biological samples for total mercury with comparison of sequential atomic absorption and fluorescence measurements from a single combustion event. *Spectrochimica Acta Part B* 2010; 65, 176-180. (DMA, CVAAS, CVAFS).
- 38 Leermakers M, Baeyens W, Quevauviller P, Horvat M. Mercury in environmental samples: Speciation, artifacts and validation. *Trends in Analytical Chemistry* 2005; 24 (5), 383-393.
- 39 Caldwell KL, Mortensen ME, Jones RL, Caudill SP, Osterloh JD. Total blood mercury concentrations in the U.S. population: 1999-2006. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 2009; 212, 588-598. (CVAAS).
- 40 Liu X, Cheng J, Yuling S, Honda S, Wang L, Liu Z, Sakamoto M, Liu Y. Mercury concentration in hair samples from Chinese people in coastal cities *Journal of Environmental Sciences* 2008; 20, 1258-1262. (CVAAS).
- 41 Kan M, Willie SN, Scriver C, Sturgeon RE. Determination of total mercury in biological samples using flow injection CVAAS following tissue solubilization in formic acid. *Talanta* 2006; 68, 1259-1263.
- 42 Hight SC, Cheng J. Determination of total mercury in seafood by cold vapor-atomic absorption spectroscopy (CVAAS) after microwave decomposition. *Food Chemistry* 2005; 91, 557-570.
- 43 Nixon DE, Burritt MF, Moyer TP. The determination of mercury in whole blood and urine by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B* 1999; 54, 1141-1153.
- 44 Hinds MW. Determination of mercury in gold bullion by flame and graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B* 1998; 53, 1063-1068.

- 45 Izgi B, Demir C, Güçer S. Application of factorial design for mercury determination by trapping and graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B* 2000; 55, 971-977.
- 46 Hsu I-H, Hsu T-C, Sun Y-C. Gold-nanoparticle-based graphite furnace atomic absorption spectrometry amplification and magnetic separation method for sensitive detection of mercuric ions. *Biosensors and Bioelectronics* 2011; 26, 4605-4609.
- 47 Leopold K, Harwardt L, Schuster M, Schlemmer G. A new fully automated on-line digestion system for ultra trace analysis of mercury in natural waters by means of FI-CV-AFS. *Talanta* 2008; 76, 382-388.
- 48 Aranda PR, Gil RA, Moyano S, De Vito I, Martinez LD. Slurry sampling in serum blood for mercury determination by CV-AFS. *Journal of Hazardous Materials* 2009; 161, 1399-1403.
- 49 Armstrong, HEL, Corns WT, Stockwell PB, O'connor G, Ebdon L, Evans EH. Comparison of AFS and ICP-MS detection coupled with gas chromatography for the determination of methylmercury in marine samples. *Analytica Chimica Acta* 1999; 390, 245-253.
- 50 Cizdziel JV, Tolbert C, Brown G. Direct analysis of environmental and biological samples for total mercury with comparison of sequential atomic absorption and fluorescence measurements from a single combustion event. *Spectrochimica Acta Part B* 2010; 65, 176-180.
- 51 Maggi C, Berducci MT, Bianchi J, Giani M, Campanella L. Methylmercury determination in marine sediment and organisms by Direct Mercury Analyser. *Analytica Chimica Acta* 2009, 641, 32-36.
- 52 Suzuki T, Akagi H, Arimura K, Ando T, Sakamoto M, Satoh H, Naganuma A, Futatsuka M, Matsuyama A. Mercury Analysis Manual. Ministry of the Environment, Japan. 2004. 106 p.
- 53 Paniagua JC, Murillo BC. Determinación de mercurio total en alimentos cárnicos (absorción atómica acoplado a FIAS 400 – Vapor frío) – SOP-M31. Laboratorio de Calidad Ambiental, Bolivia. 2010.
- 54 Li Y, Hu B. Sequential cloud point extraction for the speciation of mercury in seafood by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B* 2010; 62, 1153-1160.
- 55 Ding ZH, Liu JL, Li LQ, Lin HN, Wu, H, Hu ZZ. Distribution and speciation of mercury in surficial sediments from main mangrove wetlands in China. *Marine Pollution Bulletin* 2009; 58, 1319-1325.
- 56 Guedron S, Grangeon S, Lanson B, Grimaldi M. Mercury speciation in a tropical soil association; Consequence of gold mining on Hg distribution in French Guiana. *Geoderma* 2009; 153, 331-346.
- 57 Batista BL, Rodrigues JL, Souza SS, Souza VCO, Barbosa F Jr. Mercury speciation in seafood samples by LC-ICP-MS with a rapid ultrasound-assisted extraction procedure: Application to the determination of mercury in Brazilian seafood samples. *Food Chemistry* 2011; 126, 2000-2004.
- 58 Laurier FJG, Cossa D, Beucher C, Brévière E. The impact of groundwater discharges on mercury partitioning, speciation and bioavailability to mussels in a coastal zone. *Marine Chemistry* 2007; 104, 143-155.
- 59 Alonso EV, Cordero MTS, Torres AG, Rudner PC, Pavón JMC. Mercury speciation in sea food by flow injection cold vapor atomic absorption spectrometry using selective solid phase extraction. *Talanta* 2008; 77, 53-59.
- 60 Balogh SJ, Swain EB, Nollet YH. Characteristics of mercury speciation in Minnesota rivers and streams. *Environmental Pollution* 2008; 154, 3-11.
- 61 Nevado JJB, Martín-Doimeadios RCR, Krupp EM, Bernardo FLG, Fariñas NR, Moreno MJ, Wallace D, Roperó MJP. Comparison of gas chromatographic hyphenated techniques for mercury speciation analysis. *Journal of Chromatography A* 2011; 1218, 4545-4551.

- 62 Holsbeek L, Das HK, Joiris CR. Mercury speciation and accumulation in Bangladesh freshwater and anadromous fish. *The Science of the Total Environment* 1997; 198, 201-210.
- 63 Li Y, Liu S-J, Jiang DQ, Jiang Y, Yan X-P. Gas Chromatography-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry for Mercury Speciation in Seafood. *Chinese Journal of Analytical Chemistry* 2008; 36 (6).
- 64 Guzmán-Mar, JL, Hinojosa-Reyes L, Serra AM, Hernández-Ramírez A, Cerdà A. Applicability of multisyringe chromatography coupled to cold-vapor atomic fluorescence spectrometry for mercury speciation analysis. *Analytica Chimica Acta* 2011.
- 65 Chang LF, Jiang S-J, Sahayam AC. Speciation analysis of mercury and lead in fish samples using liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 2007; 1176, 143-148.



Capítulo 7: Grupos de poblaciones expuestas al mercurio

Andrea Patricia Soler

Ministerio de la Protección Social de Colombia

Danna Elizabeth Lara Holguín

Consultora Externa, Organización Panamericana de la Salud, Bolivia

Danny Rejas Alurralde

Universidad Mayor de San Simón, Bolivia

Pamela Paco Velasco

Investigadora asociada IRD, Bolivia

Priscila Campos Bueno

Ministerio de Salud de Brasil



La contaminación por mercurio es causada por el hombre de varias maneras: el vertido de residuos y la emisión directa a la atmósfera como resultado de extracción de metales y otros; la quema de combustibles fósiles y la incineración de residuos sólidos, incluyendo el mercurio volatilizado de los residuos de baterías; y la fundición de cobre y zinc [1].

La minería de oro es un proceso extractivo que genera muchos problemas ambientales, algunos de ellos como consecuencia del uso del mercurio y cianuro. Se estima que por cada kilogramo de oro, se desechan 5 kilogramos de mercurio en el medio ambiente, de los cuales una gran cantidad llega a las fuentes de agua. El uso inadecuado del mercurio, principalmente en esta minería, produce una contaminación que afecta el aire, agua, suelo, plantas, animales y, finalmente, la salud humana.

Sin embargo, estas actividades no son la única fuente. Los suelos amazónicos son naturalmente ricos en mercurio ², por lo que las perturbaciones antropogénicas (quemaduras, deforestación, agricultura y minería) aceleran su liberación al medio ambiente ³.

El mercurio es estable en los suelos cubiertos con vegetación natural, sin embargo, cuando se daña la cobertura, el mercurio es fácilmente lavado hacia los ecosistemas acuáticos. Una vez ahí, se transforma en metilmercurio, el cual es más asimilable por la biota y más tóxico que el mercurio inorgánico ⁴. El metilmercurio se bioacumula a lo largo de la cadena trófica, pasando de productores a consumidores y a los peces. Los peces muestran las mayores concentraciones de mercurio y metilmercurio en los ecosistemas acuáticos, además son el principal ítem alimenticio de los pobladores de la región.

Algunos grupos de población merecen una atención especial en relación con la exposición al mercurio, ya que tienen una mayor probabilidad de exposición a niveles peligrosos, o debido a que, por ser portadores de alguna enfermedad, pueden exacerbarse los efectos de la intoxicación. Estos grupos son ^{5,6,7}:

1. Los trabajadores expuestos al mercurio
2. La población general que rodea a las fuentes de contaminación con mercurio (minas, industrias)
3. Las poblaciones en zonas contaminadas por mercurio, especialmente las indígenas y ribereñas que tienen en los peces su principal fuente de proteínas
4. Personas que usan medicamentos con mercurio de forma prolongada
5. Personas enfermas del sistema nervioso central, pacientes con insuficiencia renal y broncopulmonar crónica
6. Las mujeres embarazadas y niños pequeños

Vale la pena señalar que el riesgo de envenenamiento por mercurio puede aumentarse por la superposición de algunas de estas condiciones.

La exposición ocupacional está relacionada con el lugar de trabajo, como las industrias y la minería, por lo general asociadas con la minería de oro o de las fábricas de cloro-soda y de lámparas fluorescentes. Se trata de una contaminación de las vías respiratorias, que afecta los pulmones y las vías respiratorias, y que puede ser identificada y cuantificada por la dosimetría de mercurio en la orina ⁸.

La exposición del medio ambiente, a su vez, es causada por la dieta, por lo general por el consumo de pescado, que afecta directamente al torrente sanguíneo y causa problemas en el sistema nervioso central. Su prueba se realiza mediante la determinación del mercurio en el cabello o sangre ⁸. En este caso, la exposición se puede estimar en aproximadamente 1 mg/día por vía aérea, hasta 2 mg/día por el agua y 20 mg/día a través de los alimentos, pudiendo así alcanzar hasta 75 mg/día, según la cantidad de pescado consumido ⁹.

Se hará hincapié en algunos de los grupos mencionados.

Mineración artesanal del oro

El proceso de producción de oro causa una exposición directa de los trabajadores del mercurio metálico en el lugar de trabajo y la exposición indirecta de la población en general que se encuentra cerca de las áreas de prospección. Desde el proceso de metilación en los sedimentos del río, la contaminación del pescado genera un peligro potencial de exposición al metilmercurio de toda la población ¹⁰.

En 1993 se estimó que cerca de 6 de los 30 millones de trabajadores en el mundo de la minería, distribuidos en 40 países, ha trabajado en la minería artesanal del oro. En 1999, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) estimó un aumento de los mineros artesanales, que alcanzó cerca de 13 millones, distribuidos en 55 países. Por lo tanto, la estimación de personas que dependen de esta actividad para la supervivencia es de alrededor de 80 a 100 millones ¹¹.

Los mineros pueden ser considerados como el grupo de población más expuestos al mercurio a través de la manipulación directa o por inhalación de vapores de mercurio generados en la quema de la amalgama de mercurio-oro. Como este proceso se suele realizar en sus hogares, cerca de familiares y otras personas, a ellas también se les pueden considerar como población expuesta; la principal vía de exposición es la inhalación de vapor de mercurio metálico.

Otro grupo importante son los comerciantes, que están expuestos al obtener las amalgamas de oro de los mineros que todavía concentran grandes cantidades de mercurio, las cuales se manejan en lugares inadecuados y sin ventilación. Esta actividad crea el riesgo a otro grupo de población que reside en las proximidades de estos almacenes ¹².

Industrias de cloro-soda

La contaminación del mercurio resultante de la industria de cloro-soda tuvo un gran protagonismo hasta la década de los ochenta. Si bien todavía hay plantas que utilizan esta tecnología, el uso de mercurio ha venido siendo sustituido de forma representativa en este sector.

La producción de cloro y soda se puede hacer a través de tres procesos principales: células con mercurio, célula con diafragma de amianto y célula con intercambio iónico.

Mientras que en 1976 más del 90% de la producción brasileña de cloro utilizaba células de mercurio, en 1992 solo 36% de la producción utilizaba esta tecnología ¹³.

El mercurio consumido por la industria del cloro-soda no está contenido en el producto final: alguna parte se recupera y otra se pierde en el proceso, con lo que se contamina el medio ambiente.

Por esto, los grupos de población principales por considerar son los trabajadores de la industria que utilizaron esta tecnología en el pasado y que siguen utilizándola en el presente, y las poblaciones que viven cerca de estas industrias.

Industrias de lámparas

El desarrollo y la diversificación de la industria brasileña dieron lugar a una mayor diversidad de usos del mercurio en el país. Entre estos usos se destaca la industria de la electrónica, especialmente con respecto a las lámparas fluorescentes y baterías. El mercurio en estas industrias, a diferencia de la industria del cloro-soda, se libera de los procesos industriales con el producto final, por lo que su destino final puede ser dirigido a los rellenos sanitarios y vertederos de desechos sólidos ¹⁴.

En la producción de lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio se puede utilizar entre 12 y 120 mg Hg, dependiendo del tipo de lámpara, del largo y del diámetro de la bombilla ¹⁵.

Su proceso de producción se caracteriza por cuatro etapas: apertura, lavado, confección de las piezas y embalaje de las piezas. Se pueden considerar etapas críticas de este proceso la apertura y la disposición de sus efluentes ¹⁶.

En este sentido, también deben ser considerados los empleados y la población residente en zonas aledañas, donde estos dispositivos se desechan.

El ambiente de trabajo en el proceso de introducción del mercurio encapsulado de la lámpara reduce la exposición de los trabajadores ¹⁵.

En cuanto al ambiente, y desde luego la salud de las personas, uno de los principales problemas es la pérdida del mercurio después de la eliminación final de las lámparas en los contenedores normales. El considerable aumento en el consumo de las lámparas fluorescentes y de su incorrecta eliminación puede suponer un riesgo en la medida en que la cantidad de mercurio generada puede llegar a alcanzar grandes proporciones.

Consumo de biota contaminada

Las poblaciones que sufren el mayor impacto de la contaminación ambiental por mercurio son las que comen pescado contaminado, especialmente las comunidades costeras, incluidos los indígenas.

El consumo diario de pescado durante un largo período, que corresponde a 200 microgramos de mercurio (es decir, el consumo de 500 gramos de pescado que contenga 400 ng/g de mercurio), conduce a la acumulación de 50 µg/g de Hg en el cabello (OMS,

1990). Vale la pena señalar que para los grupos considerados más vulnerables (mujeres embarazadas, madres lactantes y recién nacidos), los factores citados no ofrecen seguridad.

Las poblaciones ribereñas de la cuenca del río Amazonas son dependientes del consumo de pescado, pues alcanzan un promedio de consumo de 200 gramos por día. La concentración natural de mercurio en estos animales depende de la cantidad de alimentos, la edad y su tamaño. Por lo tanto, para el análisis de la contaminación se debe tomar en cuenta no solo la cantidad de pescado que se consume, sino también las especies elegidas⁸.

Según Passos (2008), en términos de exposición de las comunidades amazónicas, diferentes biomarcadores muestran niveles promedio de mercurio en el cabello por encima de 15 µg/g, lo que lo ubica entre los más altos niveles reportados en todo el mundo¹⁷.

Grupos de mayor vulnerabilidad: embarazadas, lactantes y recién nacidos

Las mujeres embarazadas, mujeres lactantes y los niños tienen ciertas características que, combinadas con las características del mercurio, los transforman en grupos de población más vulnerables.

Los compuestos orgánicos de mercurio pueden tener efectos adversos en el feto una vez que el metilmercurio de la madre se transporta rápidamente a través de la barrera placentaria hacia él. Se oxida en la sangre del embrión, y desde entonces no puede ser eliminado, así que causa graves daños, sobre todo neurológicos¹⁸.

Estudios recientes mostraron que las concentraciones de mercurio en el cabello por encima de 70 µg/g en las mujeres embarazadas representan un aumento en el riesgo de aparición de efectos neurológicos en el recién nacido del orden del 30%¹⁹.

El mercurio inorgánico tiene menor capacidad de atravesar la barrera placentaria y se encuentra en mayores cantidades en el líquido amniótico, además de ser transportado a la leche materna.

Schvartsman (1982) identifica cuatro momentos críticos en relación con la exposición ocupacional al mercurio en mujeres²⁰:

1. Fase previa a la implantación en que puede ocurrir mutagénesis química
2. El primer trimestre del embarazo, que puede ocurrir teratogénesis a nivel de trastornos neurológicos
3. el tercer trimestre del embarazo, en el que pueden ocurrir fetopatías (espasticidad, ceguera, manifestaciones neurológicas);
4. En la lactancia, cuando el mercurio llega al bebé a través de la leche materna.

Durante la lactancia, el mercurio es transportado a través de la leche materna de madres contaminadas. Junto con una absorción intensa, los riñones de los recién nacidos inmaduros promueven una menor excreción de la contaminación, lo que hace que en su primer año de vida alcancen mayores tasas de contaminación.

El desarrollo incompleto de la barrera hematoencefálica (sangre-cerebro) provoca que una mayor proporción de contaminantes alcance al cerebro y se interrumpa el desarrollo del sistema nervioso central.

Referencias

- 1 Fitzgerald WF, Clarkson TW. Mercury and monomethylmercury: present and future concerns. *Environ. Health Perspect.* 1991; 96, 159-66.
- 2 Miretzky P, Bisinoti MC, Jardim WF, Rocha JC. Factors affecting Hg (II) adsorption in soils from the Rio Negro basin (Amazon) *Quím. Nova* 2005; 28: 438 - 443.
- 3 Wasserman JC, Hacon S, Wasserman MA. Biogeochemistry of Mercury in the Amazonian Environment. *AMBIO* 2003; 32: 336-342.
- 4 Harada, M. Minamata disease: methylmercury. Poisoning in Japan caused by environmental pollution. *Crit Rev Toxicol* 1995; 25: 1-24.
- 5 Azevedo FA, Nascimento ES, Chasin A. (Caderno de Meio Ambiente) Aspectos Atualizados dos Riscos Toxicológicos do Mercúrio. *TECBAHIA R. Baiana Tecnol.* 2001; 16 (3), 87-104.
- 6 Azevedo F. Toxicologia do mercúrio. Editorial Rima e Intertox, Brasil; 2003. ISBN 85- 86552-63-1.
- 7 Clarkson T, Magos L, Myers G. The Toxicology of Mercury-Current Exposures and Clinical Manifestations. *Rev New England* 2003; 349 (18), 1731-1737.
- 8 Souza JR, Barbosa A C. Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia. *Química e Sociedade* 2000; 12.
- 9 Goyer RA. Toxic effects of metals. En: Klaasen CD, Amdur MO, Doull J. (eds.) Casarett and Doull's toxicology. The basic science of poisons. 3.a ed. Nueva York: Macmillan Publication; 1986, 605-9.
- 10 Câmara, VM, Silva AP, Pivetta F, Perez MA, Lima MIM, Filhote MI; Tavares LMB, Maciel MV, Alheira FV, Dantas T, Martins MS. Estudo dos níveis de exposição e efeitos à saúde por mercúrio metálico em uma população urbana de Poconé, Mato Grosso, Brasil. *Cad. Saúde Públ.* 1996; 12(1):69-77. Rio de Janeiro.
- 11 Veiga MM, Silva ARB, Hinton JJ. O garimpo de ouro na Amazônia: aspectos tecnológicos, ambientais e sociais. (Consultado el 8 de julio de 2011). Disponible en: http://www.cetem.gov.br/publicacao/extracao_de_ouro/capitulo_11.pdf
- 12 WHO. Guidance for identifying populations at risk from Mercury exposure. Agosto, 2008.
- 13 Bezerra JFM. En: Riscos e Consequências do Uso do Mercúrio. Hacon S, Lacerda LD, Carvalho D, Pfeiffer WC (eds). FINEP/UFRJ, Rio de Janeiro; 1990.
- 14 Lacerda LD. Contaminação Por Mercúrio No Brasil: Fontes Industriais Vs Garimpo De Ouro. Universidade Federal Fluminense; 1996.
- 15 Zavariz C. Contaminação por uso de mercúrio. Associação de Combate aos POPs Associação de Consciência à Prevenção Ocupacional ACPO
- 16 Pereira D, Yallouz AV. Recicladora artesanal de lâmpadas fluorescentes: estudo de caso potencial de aplicação de método alternativo de determinação de mercúrio In: *Jornada Interna Científica 2004*, Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral.
- 17 Passos, CJS, Mergler D. Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review. *Cad. Saúde Pública* [en línea]. (Consultado el 10 de julio de 2011) Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2008001600004&lng=en. doi: 10.1590/S0102-311X2008001600004.

- 18 Gelbier S, Ingram J. Possible fetotoxic effects of mercury vapour: a case report. *Public Health* 1989; 103:35-40.
- 19 Hacon S. Mercúrio no meio ambiente: os riscos para o homem. Rio de Janeiro; 2004.
- 20 Schwartsman S. A gestante e a nutriz e a contaminação química do ambiente de trabalho. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional* 1982; 10, 86-90.

Capítulo 8: Sistemas de información para notificación de intoxicación y exposición humana a las sustancias químicas

Alysson Lemos

Organización Panamericana de la Salud, Brasil

Fabiana Godoy Malaspina

Ministerio de Salud de Brasil

Janaina Sallas

Ministerio de Salud de Brasil

Marcela Varona Uribe

Instituto Nacional de Salud de Colombia

Susan Aparicio Gutiérrez

Instituto Nacional de Salud Ocupacional (INSO), Bolivia



Bolivia

En la actualidad no existe una ficha de notificación específica para la intoxicación por mercurio. Se incorporó un acápite en la ficha de notificación de plaguicidas del SNIS (Servicio Nacional de Información en Salud) que incluye casos de intoxicación por sustancias químicas.

A pesar de estos inconvenientes, se realizó una propuesta de ficha de notificación la cual se encuentra en revisión (anexo I).

A la vez, la notificación de casos se realizará en varios niveles: en el centro de salud de la comunidad o población, donde se llena la ficha de notificación que llegará al INSO (Instituto Nacional de Salud Ocupacional) si fuera un caso de índole laboral, o al SNIS con fines epidemiológicos, allí también serán tomadas las muestras de sangre y orina para enviarlas al laboratorio de referencia. Posteriormente, el paciente será transferido a un centro de tercer nivel para nueva valoración y tratamiento en caso necesario.

Brasil

En Brasil, entre los sistemas nacionales de información en salud existentes, algunos se destacan en razón de su mayor relevancia para las acciones de vigilancia epidemiológica. En primer lugar está el Sistema Nacional de Enfermedades de Notificación (SINAN), seguido por el Sistema de Información sobre Nacidos Vivos (SINASC) y Sistema de Informaciones de Mortalidad (SIM). Por otra parte, existen otras fuentes de datos, como: Ministerio de Trabajo; Prevención Social, y los Centros de Información y Asistencia Toxicológica (CIAT) consolidados por el Sistema Nacional de Informaciones Tóxico-Farmacológicas (Sinitox), entre otros. Existen todavía sistemas construidos con el propósito de operar el sistema de pagos de hospitalizaciones y procedimientos en el SUS: Sistema de Informaciones Hospitalarias (SIH-SUS); Sistema de Informaciones Ambulatorias (SIA-SUS).

El SINAN, desarrollado en 1998, tiene por objetivo el registro y procesamiento de los datos sobre enfermedades y daños de notificación en todo el territorio nacional, suministra información para análisis del perfil de la morbilidad y contribuye de esta forma para la toma de decisiones en el ámbito municipal, estatal y federal. Su utilización efectiva permite la realización del diagnóstico dinámico de la ocurrencia de un evento en la población, para apoyar la explicación causal de los eventos de notificación obligatoria, además viene a indicar los riesgos a que están sometidas las personas, lo que contribuye a la identificación de la realidad epidemiológica de una zona geográfica determinada ¹.

La notificación y comunicación de la ocurrencia de determinada enfermedad o daño a la salud es realizada por profesionales de salud o por cualquier ciudadano para fines de adopción de las medidas de intervención adecuadas. Es la herramienta esencial para la vigilancia epidemiológica y constituye un iniciador del proceso “información-decisión-acción”, tríada que resume la dinámica de sus actividades. Además, debe proporcionar el

apoyo necesario para la planificación, la toma de decisiones y acciones de los gerentes en un cierto nivel (local, estatal y federal) basada en datos reales ².

El marco legal en Brasil para la notificación obligatoria de las intoxicaciones por sustancias químicas, incluyendo agroquímicos y metales pesados, se llevó a cabo en 2010 con la publicación de la Ordenanza n.º 2.472, actualizada y revocada por la Ordenanza Ministerial n.º 104 del 26 de enero de 2011 ³. El formulario para la investigación de intoxicación exógena está disponible en el anexo II ⁴.

Como se ha indicado en el formulario, la definición de caso sospechoso es la de cualquier persona que haya estado expuesta a productos químicos (pesticidas, medicamentos, productos para el hogar, cosméticos y cuidado personal, productos químicos industriales, drogas, plantas tóxicas, alimentos y bebidas), con signos y síntomas de intoxicación o pruebas de laboratorio anormales, posible o probablemente compatibles.

La notificación es obligatoria para todos los profesionales de salud, médicos, enfermeros, odontólogos, médicos veterinarios, biólogos, biomédicos, farmacéuticos y otros en ejercicio de su profesión, bien como responsables de organizaciones o establecimientos públicos y particulares de salud y educación, en conformidad con los artículos 7 y 8 de la Ley n.º 6259 del 30 de octubre de 1975. En esta ley, el artículo 11 establece que después de recibir una notificación, la autoridad sanitaria está obligada a realizar la investigación epidemiológica pertinente para el esclarecimiento del diagnóstico y la detección de la propagación de la enfermedad en la población en riesgo ⁵.

Los eventos considerados de importancia para la salud pública a nivel nacional en el anexo II de la Ordenanza n.º 104/2011 (grupos de individuos o muertes por exposición a sustancias químicas), después de la aplicación de la evaluación de riesgos de acuerdo con el anexo II del Reglamento Sanitario Internacional (RSI-2005) y una vez clasificado como una Emergencia de Salud Pública de Importancia Nacional (ESPIN) o de Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (ESPII), deben ser notificados inmediatamente dentro de las 24 horas a las Secretarías de Salud del Estado, Municipal, Distrital y a las Secretarías de Vigilancia en Salud (SVS) del Ministerio de Salud (MS). Esta notificación inmediata se hace a través de formulario y posteriormente con la investigación epidemiológica; finalmente, los casos confirmados de intoxicación exógena deben ser notificados al SINAN dentro de siete días ³ (anexo III).

Los canales de comunicación para la notificación de ESPIN o ESPII proporcionados por SVS/MS son: el teléfono “Disque-notifica” (0800-644-6645), correo electrónico (notifica@saude.gov.br) y el formulario “NOTIFICA” disponible en el sitio <http://www.saude.gov.br/svs>. Estos canales de información son coordinados por el Centro de Información Estratégica en la Vigilancia de la Salud (CIEVS) en conjunto con las áreas técnicas de la SVS- MS ³.

Centro de Informaciones Estratégicas para la Vigilancia en Salud

(CIEVS)

El Centro de Informaciones Estratégicas para la Vigilancia en Salud (CIEVS), creado por la SVS n.º 30 del 7 de julio de 2005, se inauguró en marzo de 2006 ⁶. Está compuesto por una unidad central, estructurada en el Ministerio de Salud, en Brasilia, y tiene sucursales en los estados y municipios, a menudo identificados como las Unidades de Respuesta Rápida (URR). En total, 50 URR vinculadas a 23 secretarías de salud estatales y del Distrito Federal y 26 en capitales municipales ⁷.

Toda información que llega vía telefónica, correo electrónico, formulario o por prensa se comunica inmediatamente a las secretarías estatales de salud y es evaluada por la Secretaría de Vigilancia en Salud (SVS) del Ministerio de Salud, teniendo en cuenta la ubicación de ocurrencia, magnitud y urgencia. Después de este procedimiento se define la necesidad de apoyo o la participación directa del Ministerio de Salud en la prevención y control.

Una vez recibida la información, la secretaría estatal o municipal de Salud está en condiciones de adoptar, de forma ágil, las medidas adecuadas para la investigación epidemiológica y bloqueo de la diseminación de la enfermedad. El Ministerio de Salud pasa en este momento por medio del CIEVS a hacer el acompañamiento del comportamiento epidemiológico de la enfermedad y estará dispuesto a enviar equipos entrenados para detección y respuesta a brotes, siempre que sea necesario. Los casos que se configuren como de relevancia nacional serán investigados por las Unidades de Respuesta Rápida (URR) de la SVS, que utilizarán la estructura tecnológica del CIEVS para movilizar técnicos, especialistas, redes de profesionales, secretarías de salud, laboratorios e institutos de investigación. El CIEVS, por lo tanto, es un mecanismo de facilitación para la integración de los equipos de campo con los directivos y técnicos de los distintos niveles del Sistema Único de Salud de Brasil (SUS).

Los eventos y daños de notificación inmediata son monitoreados por el CIEVS y por el área técnica responsable de asegurar una respuesta eficiente y oportuna, junto a las secretarías estatales y municipales de salud ⁸. Se puede obtener más información en el sitio: <http://svs.aids.gov.br/cievs/>

Colombia

El Instituto Nacional de Salud, responsable operativo de la vigilancia y el control de las enfermedades de interés en Salud Pública, realiza una serie de acciones con el fin de considerar la totalidad de las interrelaciones del sistema.

El desarrollo de la estrategia “información para la acción” exige a los responsables una evaluación permanente para asegurar el cumplimiento de los objetivos propuestos y requiere reconocer con un espíritu crítico constructivo las limitaciones en la calidad de los procesos de información existentes y la profundidad del análisis, condicionado a su vez por las características de la información que es empleada como insumo básico.

La notificación es el procedimiento mediante el cual diferentes actores comunican oficialmente la presencia o ausencia de los eventos definidos como de interés en salud pública, y cuyo reporte es obligatorio. Se convierten entonces la notificación y la red de entidades que notifican, en se vuelva columna vertebral del sistema.

La notificación en Colombia se efectúa siguiendo el protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones agudas por mercurio desarrollado en el Instituto Nacional de Salud, cuyo objetivo es realizar el seguimiento continuo y sistemático de los casos, de acuerdo con los procesos establecidos para la notificación, recolección y análisis de los datos que permitan generar información oportuna, válida y confiable para orientar medidas de prevención y control del evento. Sus objetivos específicos son:

- Fortalecer el sistema de notificación en todos los casos de las intoxicaciones agudas por mercurio en el territorio nacional.
- Mejorar la calidad del dato como insumo para el análisis de información epidemiológica en los niveles municipal, departamental y nacional.
- Consolidar la herramienta de captura de información y análisis para generar orientaciones con base en la identificación de factores y verificación de tendencias locales y nacionales para el apoyo en la toma de decisiones y el establecimiento de las medidas de intervención en salud.
- Brindar un instrumento de apoyo en el manejo, control y vigilancia de eventos de intoxicación con mercurio en los entes territoriales.
- Ofrecer una herramienta de información que sustente la formulación planes, programas y proyectos para la prevención y el manejo de las intoxicaciones por mercurio en el país.

Mediante este protocolo se define la metodología de abordaje de los procesos establecidos para la notificación, recolección y análisis de datos para la orientación de medidas de prevención y control de casos de intoxicación aguda por mercurio a nivel nacional, departamental y municipal.

Los actores incluidos en el sistema de vigilancia son: Ministerio de la Protección Social – Centro Nacional de Enlace; Instituto Nacional de Salud – Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública; entidades de carácter nacional, departamental, distrital y municipal, y las unidades primarias generadoras de datos (UPGD) que son las entidades de carácter público y privado que captan los eventos de interés en salud pública.

Proceso de vigilancia

El flujo de la información se genera desde las unidades primarias generadoras de datos hacia el municipio, y del municipio hacia el nivel nacional, o internacional si es el caso. Desde el nivel nacional se envía retroalimentación a los departamentos, de los departamentos a los municipios, así como desde cada nivel se envía información a los aseguradores.

Notificación

Las UPGD son las responsables de captar y notificar con periodicidad semanal, en los formatos y estructura establecidos, la presencia del evento de acuerdo con las definiciones de caso contenidas en el protocolo.

Los datos deben estar en archivos planos, con la estructura y características definidas en los documentos técnicos que hacen parte del subsistema de información para la notificación de eventos de interés en salud pública del Instituto Nacional de Salud - Ministerio de Protección Social.

Oportunidad de la notificación

Inmediata: todos los casos de intoxicación aguda por mercurio confirmados y definidos como parte de un brote o alerta epidemiológica se informan de manera inmediata (vía telefónica, fax o correo electrónico) desde la UPGD a la unidad notificadora municipal, distrital o departamental, para que se inicie la investigación de campo dentro de las 24 horas siguientes a la notificación. La unidad notificadora municipal configura los brotes locales. Si el municipio no tiene la capacidad para atenderlo, se solicita apoyo inmediato al ámbito departamental o distrital, y si es necesario al nacional.

Semanal: los casos agudos o crónicos confirmados se reportan semanalmente de conformidad con la estructura y contenidos mínimos establecidos en el subsistema de información para la vigilancia del evento de manera individual, utilizando la ficha única de notificación.

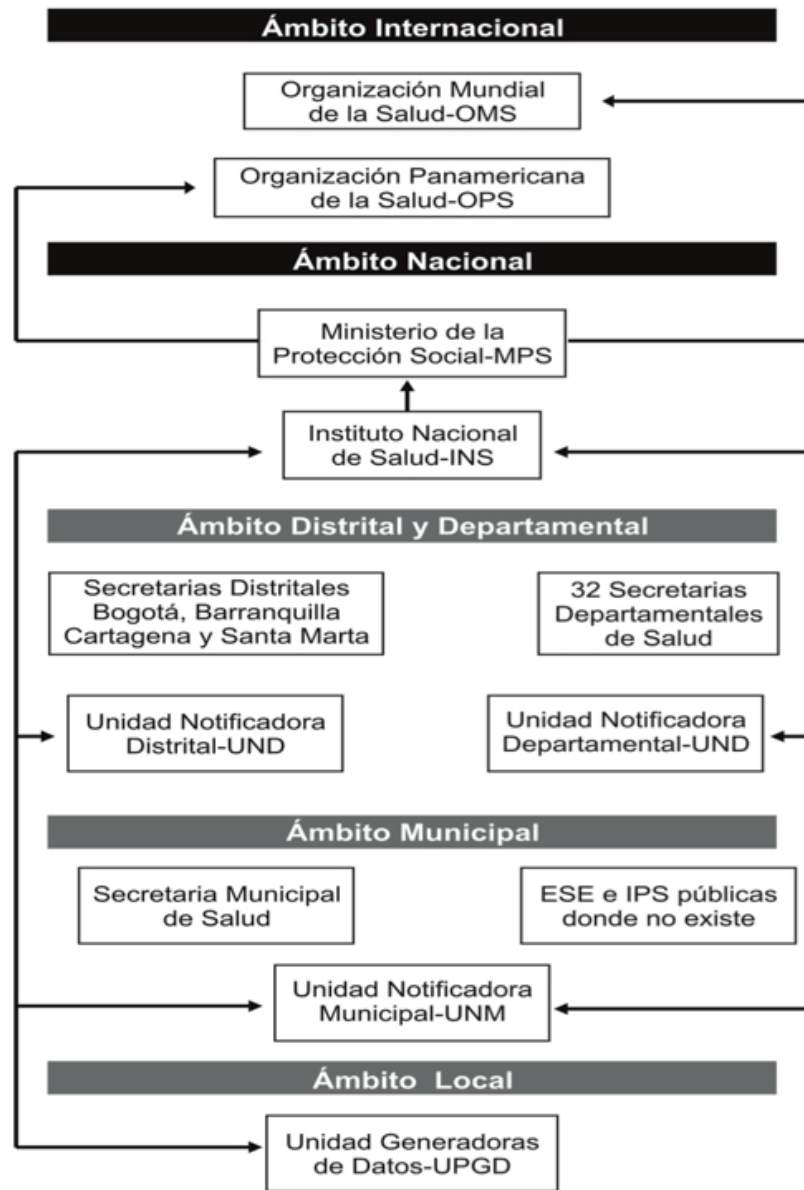
Ajuste por período epidemiológico: La información de los casos notificados se corrige o ajusta al sistema antes de cuatro semanas calendario después de la notificación.

Ni las direcciones departamentales, distritales o municipales de salud, ni las entidades administradoras de planes de beneficios, ni ningún otro organismo de administración, dirección, vigilancia y control pueden modificar, reducir o adicionar datos ni la estructura en la cual se presentan en medio magnético, en cuanto a longitud de los campos, tipo de dato, valores que puede adoptar el dato y orden. Lo anterior se hace sin perjuicio de que en las bases de datos propias, las UPGD y los entes territoriales puedan tener información adicional para su propio uso.

Se entiende la notificación negativa para un evento como su ausencia en los registros de la notificación semanal individual obligatoria para las UPGD que hacen parte de la Red Nacional de Vigilancia.

El Ministerio de la Protección Social cuenta con un flujograma para la notificación de los eventos (figura 1).

Figura 1. Flujograma de información para la notificación de eventos. Colombia



Fuente: Instituto Nacional de Salud de Colombia ⁹

En este flujograma, en el ámbito internacional se encuentran la OMS y la OPS, las cuales son informadas por el Ministerio de la Protección Social (MPS) sobre cualquier evento de interés en salud pública. Al MPS le informa el Instituto Nacional de Salud (INS), ente encargado de la notificación de la vigilancia nacional mediante el Sivigila (Sistema de Vigilancia por Laboratorio). A su vez, el INS es notificado por las entidades

del ámbito departamental, distrital o municipal, denominadas “unidades de notificación” departamental, distrital o municipal, las Entidades Sociales del Estado (ESE) y las UPGD.

La ficha de notificación contiene información del paciente relevante para la determinación de la intoxicación (anexo IV).

Referencias

- 1 Ministério da Saúde (Brasil). Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Sistema de Informação de Agravos de Notificação – Sinan: normas e rotinas / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. Brasília: Ministério da Saúde. 2006; 80 p.: il.– (Série A. Normas e Manuais Técnicos).
- 2 Ministério da Saúde (Brasil). Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Guia de vigilância Epidemiológica / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. Brasília: Ministério da Saúde. 2009; 7:63-77
- 3 Ministério da Saúde (Brasil). Portaria nº 104, de 26 de janeiro de 2011. Define as terminologias adotadas em legislação nacional, conforme o disposto no Regulamento Sanitário Internacional 2005 (RSI 2005), a relação de doenças, agravos e eventos em saúde pública de notificação compulsória em todo o território nacional e estabelece fluxo, critérios, responsabilidades e atribuições aos profissionais e serviços de saúde. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo. Brasília, DF, 26 jan. 2011; 18:37-38.
- 4 Ministério da Saúde (Brasil). Sistema de Informação de Agravos de Notificação – Sinan, 2007 (Consultado el 30 de septiembre de 2011). Disponible en: <http://dtr2004.saude.gov.br/sinanweb/>
- 5 Brasil. Lei nº 6.259, de 30 de outubro de 1975. Dispõe sobre as organizações de Vigilância Epidemiológica, sobre o Programa Nacional de Imunizações, estabelece normas relativas à notificação compulsória de doenças, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 out. 1975.
- 6 Ministério da Saúde (Brasil). Portaria nº 30, de 7 de julho de 2005. Institui o Centro de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde, define suas atribuições, composição e coordenação.
- 7 Ministério da Saúde (Brasil). Secretaria de Vigilância em Saúde. Centro de Informações Estratégicas e Resposta em Vigilância em Saúde. Gerência Técnica de Alerta, Monitoramento e Operações de Resposta de Saúde. Diretrizes para a Classificação dos Centros da Rede CIEVS, 2010. 2ª ed. p.20.
- 8 Ministério da Saúde (Brasil). Secretaria de Vigilância em Saúde. Centro de Informações Estratégicas e Resposta em Vigilância em Saúde. Brasília, DF, 2011 (Consultado el 30 de septiembre de 2011). Disponível em: <http://svs.aids.gov.br/cievs/>
- 9 Instituto Nacional de Salud (Colombia). Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones agudas por mercurio. Documento en revisión; 2011.

Anexo I Propuesta de Ficha de Notificación, Bolivia

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES
INSTITUTO NACIONAL DE SALUD OCUPACIONAL
BOLETA DE NOTIFICACIÓN INDIVIDUAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA PARA MERCURIO

Nombre completo del paciente: _____

Edad: _____ Años _____ Meses _____

Sexo: 1. Masculino 2. Femenino

Fecha de inicio de síntomas: Día _____ Mes _____ Año _____

Residencia: Departamento _____ Provincia _____
Localidad _____ Dirección completa _____

Teléfonos _____

Principal actividad que realiza: _____

Síntomas principales: _____

Muestra enviada: Sangre Orina Otro _____

Establecimiento de salud: _____

Localidad: _____ Departamento: _____

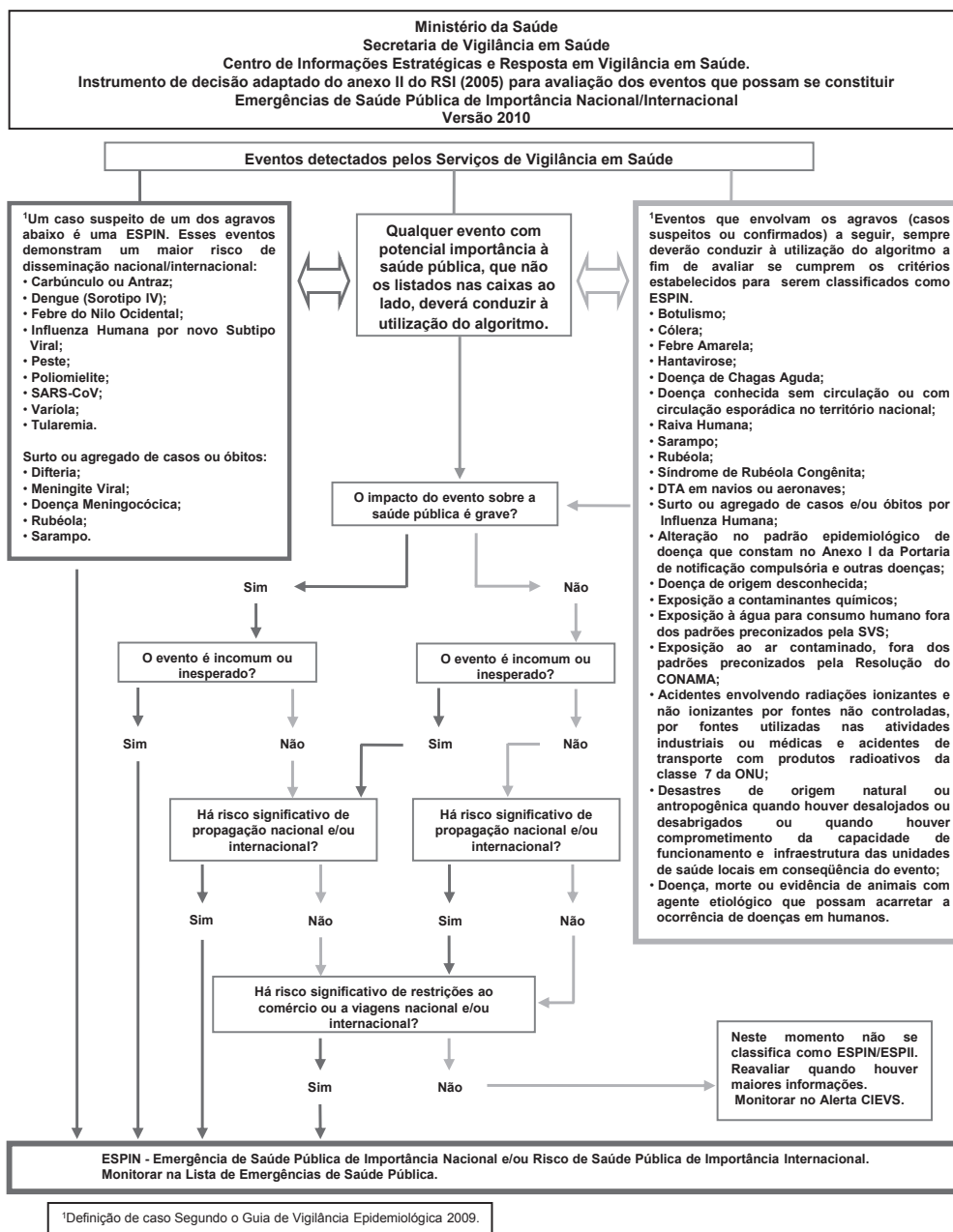
Nombre del que informa: _____

Anexo II. Formulario para la investigación de intoxicación exógena

República Federativa do Brasil Ministério da Saúde		SINAN SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO FICHA DE INVESTIGAÇÃO		Nº							
INTOXICAÇÃO EXÓGENA											
Caso suspeito: todo aquele indivíduo que, tendo sido exposto a substâncias químicas (agrotóxicos, medicamentos, produtos de uso doméstico, cosméticos e higiene pessoal, produtos químicos de uso industrial, drogas, plantas e alimentos e bebidas), apresente sinais e sintomas clínicos de intoxicação e/ou alterações laboratoriais provavelmente ou possivelmente compatíveis.											
Dados Gerais	1	Tipo de Notificação 2 - Individual		3	Data da Notificação						
	2	Agravado/doença INTOXICAÇÃO EXÓGENA		Código (CID10) T 65.9							
	4	UF	5	Município de Notificação	Código (IBGE)						
	6	Unidade de Saúde (ou outra fonte notificadora)		Código	7	Data dos Primeiros Sintomas					
Notificação Individual	8	Nome do Paciente			9	Data de Nascimento					
	10	(ou) Idade 1 - Hora 2 - Dia 3 - Mês 4 - Ano	11	Sexo M - Masculino F - Feminino I - Ignorado	12	Gestante 1-1º Trimestre 2-2º Trimestre 3-3º Trimestre 4- Idade gestacional Ignorada 5-Não 6- Não se aplica 9-Ignorado					
	13	Raça/Cor 1-Branca 2-Preta 3-Amarela 4-Parda 5-Indígena 9- Ignorado									
	14	Escolaridade 0-Analfabeto 1-1ª a 4ª série incompleta do EF (antigo primário ou 1º grau) 2-4ª série completa do EF (antigo primário ou 1º grau) 3-5ª a 8ª série incompleta do EF (antigo ginásio ou 1º grau) 4-Ensino fundamental completo (antigo ginásio ou 1º grau) 5-Ensino médio incompleto (antigo colegial ou 2º grau) 6-Ensino médio completo (antigo colegial ou 2º grau) 7-Educação superior incompleta 8-Educação superior completa 9-Ignorado 10- Não se aplica									
	15	Número do Cartão SUS		16			Nome da mãe				
Dados de Residência	17	UF	18	Município de Residência	Código (IBGE)	19	Distrito				
	20	Bairro		21	Logradouro (rua, avenida,...)		Código				
	22	Número	23			Complemento (apto., casa, ...)	24	Geo campo 1			
	25	Geo campo 2		26		Ponto de Referência	27	CEP			
	28	(DDD) Telefone	29		Zona 1 - Urbana 2 - Rural 3 - Periurbana 9 - Ignorado	30		Pais (se residente fora do Brasil)			
	Dados Complementares do Caso										
	Antecedentes Epidemiológicos	31	Data da Investigação		32			Ocupação			
33		Situação no Mercado de Trabalho 01- Empregado registrado com carteira assinada 05 - Servidor público celetista 09 - Cooperativado 02 - Empregado não registrado 06- Aposentado 10- Trabalhador avulso 03- Autônomo/ conta própria 07- Desempregado 11- Empregador 04- Servidor público estatutário 08 - Trabalho temporário 12- Outros 99 - Ignorado									
34		Local de ocorrência da exposição 1. Residência 2. Ambiente de trabalho 3. Trajeto do trabalho 4. Serviços de saúde 5. Escola/creche 6. Ambiente externo 7. Outro 9. Ignorado									
Dados da Exposição	35				36			Nome do local/estabelecimento de ocorrência	Atividade Econômica (CNAE)		
	37	UF	38	Município do estabelecimento	Código (IBGE)	39			Distrito		
	40		41						Bairro	Logradouro (rua, avenida, etc. - endereço do estabelecimento)	
	42	Número	43		44		45		Complemento (apto., casa, ...)	Ponto de Referência do estabelecimento	CEP
	46	(DDD) Telefone	47		48		Zona de exposição 1 - Urbana 2 - Rural 3 - Periurbana 9 - Ignorado			Pais (se estabelecimento fora do Brasil)	
	Intoxicação Exógena				Sinan NET		SVS		09/06/2005		



Dados da Exposição	49 Grupo do agente tóxico/Classificação geral □□ 01.Medicamento 02.Agrotóxico/uso agrícola 03.Agrotóxico/uso doméstico 04.Agrotóxico/uso saúde pública 05.Farmacêutico 06.Produo veterinário 07.Produo de uso Domícliar 08.Cosmético/higiene pessoal 09.Produo químico de uso industrial 10.metal 11.Drogas de abuso 12.Planta tóxica 13.Alimento e bebida 14.Outro _____ 99.Ignorado			
	50 Agente tóxico (informar até três agentes) Nome Comercial/popular _____		Princípio Ativo 1 - _____ 2 - _____ 3 - _____	
	51 Se agrotóxico, qual a finalidade da utilização □ 1. Inseticida 2. Herbicida 3. Carrapaticida 4. Faticida 5. Fungicida 6. Preservante para madeira 7. Outro _____ 8. Não se aplica 9. Ignorado			
	52 Se agrotóxico, quais as atividades exercidas na exposição atual 01- Diluição 05-Colheita 09-Outros 1ªOpção: □□ 02-Pulverização 06- Transporte 10-Não se aplica 2ªOpção: □□ 03- Tratamento de sementes 07-Desinsetização 99-Ignorado 3ªOpção: □□ 04- Armazenagem 08-Produção/formulação			
	53 Se agrotóxico de uso agrícola, qual a cultura/lavoura _____			
	54 Via de exposição/contaminação 1- Digestiva 4-Ocular 7-Transplacentária 1ªOpção: □ 2-Cutânea 5-Parenteral 8-Outra 2ªOpção: □ 3-Respiratória 6-Vaginal 9-Ignorada 3ªOpção: □			
Dados do Atendimento	55 Circunstância da exposição/contaminação □□ 01-Uso Habitual 02-Acidental 03-Ambiental 04-Uso terapêutico 05-Prescrição médica inadequada 06-Erro de administração 07-Automedicação 08-Abuso 09-Ingestão de alimento ou bebida 10-Tentativa de suicídio 11-Tentativa de aborto 12-Violência/homicídio 13-Outra: _____ 99-Ignorado			
	56 A exposição/contaminação foi decorrente do trabalho/ocupação? □ 1-Sim 2-Não 9- Ignorado		57 Tipo de Exposição 1 - Aguda - única 2 - Aguda - repetida 3 - Crônica □ 4 - Aguda sobre Crônica 9 - Ignorado	
	58 Tempo Decorrido entre a Exposição e o Atendimento _____ □ 1 - Hora 2 - Dia 3 - Mês 4 - Ano 9- Ignorado			
	59 Tipo de atendimento □ 1 -Hospitalar 2 -Ambulatorial 3 - Domiciliar 4 -Nenhum 9 - Ignorado		60 Houve hospitalização? □ 1 -Sim 2 -Não 9 - Ignorado	
	63 Município de hospitalização _____		64 Unidade de saúde _____	
	Código (IBGE) _____		Código _____	
Conclusão do Caso	65 Classificação final □ 1 - Intoxicação confirmada 2 - Só Exposição 3 - Reação Adversa 4 -Outro Diagnóstico 5 -Síndrome de abstinência 9 -Ignorado			
	66 Se intoxicação confirmada, qual o diagnóstico _____ CID - 10 _____			
	67 Critério de confirmação □ 1 - Laboratorial 2 - Clínico-epidemiológico 3 - Clínico		68 Evolução do Caso □ 1 - Cura sem seqüela 2 - Cura com seqüela 3 - Óbito por intoxicação exógena 4 - Óbito por outra causa 5-Perda de seguimento 9-Ignorado	
	69 Data do óbito _____		70 Comunicação de Acidente de Trabalho - CAT. □ 1 - Sim 2 - Não 3 - Não se aplica 9 - Ignorado	
71 Data do Encerramento _____				
Informações complementares e observações				
Observações: _____ _____ _____				
Investigador	Município/Unidade de Saúde _____		Cód. da Unid. de Saúde _____	
	Nome _____		Função _____	
Assinatura _____				
Intoxicação Exógena		Sinan NET		
		SVS 09/06/2005		

Anexo III. Instrumento de decisión para la evaluación y notificación de eventos que puedan constituirse en ESPINS, relacionada a la Vigilancia em Salud Ambiental, adaptado del Anexo II del RSI (2005), para su uso en Brasil.



Fuenteondo: Ministerio de Salud, Brasil 2010.

Anexo IV. Ficha de notificación contiene información del paciente relevante para la determinación de la intoxicación

SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIA EN SALUD PÚBLICA Subsistema de Información SIVIGILA Ficha de Notificación			 BICENTENARIO de la Independencia de Colombia 1810-2010	 INSTITUTO NACIONAL DE SALUD												
Intoxicación por plaguicidas Cód: 360 Intoxicación por fármacos Cód: 370 Intoxicación por metanol Cód: 380 Intoxicación por metales pesados Cód: 390 Intoxicación por solventes Cód: 400 Intoxicación por otras sustancias químicas Cód: 410 Intoxicación por monóxido de carbono y otros gases Cód: 412 Intoxicación por sustancias psicoactivas Cód: 414																
REG-RO2.001.4040-003 V:00 AÑO 2010																
RELACIÓN CON DATOS BÁSICOS																
A. Nombres y apellidos del paciente			B. Tipo de ID*	C. No. de identificación												
* TIPO DE ID: 1 - RC: REGISTRO CIVIL 2 - TI: TARIJETA IDENTIDAD 3 - CC: CÉDULA CIUDADANÍA 4 - CE: CÉDULA EXTRANJERÍA 5 - PA: PASAPORTE 6 - MS: MENOR SIN ID 7 - AS: ADULTO SIN ID																
4. DATOS DE LA EXPOSICIÓN																
4.1. Intoxicación por																
<input type="checkbox"/> 1 Plaguicidas <input type="checkbox"/> 2 Medicamentos <input type="checkbox"/> 3 Metanol <input type="checkbox"/> 4 Solventes <input type="checkbox"/> 5 Metales pesados <input type="checkbox"/> 6 Monóxido de carbono y otros gases <input type="checkbox"/> 7 Sustancias psicoactivas <input type="checkbox"/> 8 Otras sustancias químicas																
4.2. Nombre del producto																
4.3. Tipo de exposición																
<input type="checkbox"/> 1 Ocupacional <input type="checkbox"/> 2 Accidental <input type="checkbox"/> 3 Intencional suicida <input type="checkbox"/> 4 Intencional homicida <input type="checkbox"/> 5 Reacción adversa <input type="checkbox"/> 6 Delictiva <input type="checkbox"/> 7 Farmacodependencia <input type="checkbox"/> 8 Desconocida																
4.4. Actividad que se realizaba en el momento de la exposición a sustancias químicas (marque con una X una o más)																
<input type="checkbox"/> 1 Proceso de elaboración <input type="checkbox"/> 2 Almacenamiento, venta y transporte <input type="checkbox"/> 3 Aplicación agrícola <input type="checkbox"/> 4 Uso domiciliario <input type="checkbox"/> 5 Uso salud pública <input type="checkbox"/> 6 Uso industrial <input type="checkbox"/> 7 Tratamiento humano <input type="checkbox"/> 8 Tratamiento veterinario <input type="checkbox"/> 9 Actividad social <input type="checkbox"/> 10 Desconocido <input type="checkbox"/> 11 Otra																
4.5. Si marcó la casilla (11), Otra, de la pregunta anterior, escriba cual es																
4.6. Fecha de exposición		4.7. Hora (0 a 24)	4.8. Vía de exposición													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">Día</td> <td style="width: 20px;">Mes</td> <td style="width: 20px;">Año</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Día	Mes	Año					<input type="checkbox"/> 1 Respiratoria <input type="checkbox"/> 2 Oral <input type="checkbox"/> 3 Dérmica <input type="checkbox"/> 4 Ocular <input type="checkbox"/> 5 Desconocida <input type="checkbox"/> 6 Intramuscular/ Intravenosa <input type="checkbox"/> 7 Otra							
Día	Mes	Año														
4.9. Si marcó la casilla (7), Otra, de la pregunta anterior, escriba cual es																
5. OTROS DATOS																
5.1. Escolaridad			5.2. ¿Embarazo actual?													
<input type="checkbox"/> 1 Sin escolaridad <input type="checkbox"/> 2 Primaria <input type="checkbox"/> 3 Secundaria <input type="checkbox"/> 4 Universitaria			<input type="checkbox"/> 1 Sí <input type="checkbox"/> 2 No													
5.3. ¿Afiliado a A.R.P.?			5.4. Nombre de la A.R.P.													
<input type="checkbox"/> 1 Sí <input type="checkbox"/> 2 No			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center; font-size: x-small;">Código</td> </tr> </table>								Código					
Código																
5.5. Estado civil																
<input type="checkbox"/> 1 Soltero <input type="checkbox"/> 2 Casado <input type="checkbox"/> 3 Unión libre <input type="checkbox"/> 4 Viudo <input type="checkbox"/> 5 Divorciado																
6. SEGUIMIENTO																
6.1. ¿El caso hace parte de un brote?		6.2. Número de casos de este brote		6.3. Investigación epidemiológica del brote/alerta												
<input type="checkbox"/> 1 Sí <input type="checkbox"/> 2 No		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> </tr> </table>							<input type="checkbox"/> 1 Sí <input type="checkbox"/> 2 No							
6.4. Fecha investigación epidemiológica brote		6.5. Hora de investigación		6.6. Situación de alerta												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">Día</td> <td style="width: 20px;">Mes</td> <td style="width: 20px;">Año</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Día	Mes	Año				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">Brote (0-24 horas)</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </table>		Brote (0-24 horas)		<input type="checkbox"/> 1 Sí <input type="checkbox"/> 2 No				
Día	Mes	Año														
Brote (0-24 horas)																
6.7. Fecha de informe		6.8. Nombre del responsable														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">Día</td> <td style="width: 20px;">Mes</td> <td style="width: 20px;">Año</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Día	Mes	Año				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 100%; height: 20px;"></td> </tr> </table>								
Día	Mes	Año														
6.9. Teléfono celular o fijo																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 100%; height: 20px;"></td> </tr> </table>																

sivigila@ins.gov.co/soporte_sivigila@ins.gov.co

Desde 1917 comprometidos con la Salud Pública

Capítulo 9: Criterios para diagnosticar las intoxicaciones por mercurio en poblaciones expuestas

Heloisa Pacheco-Ferreira

Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil

Iracina Maura de Jesus

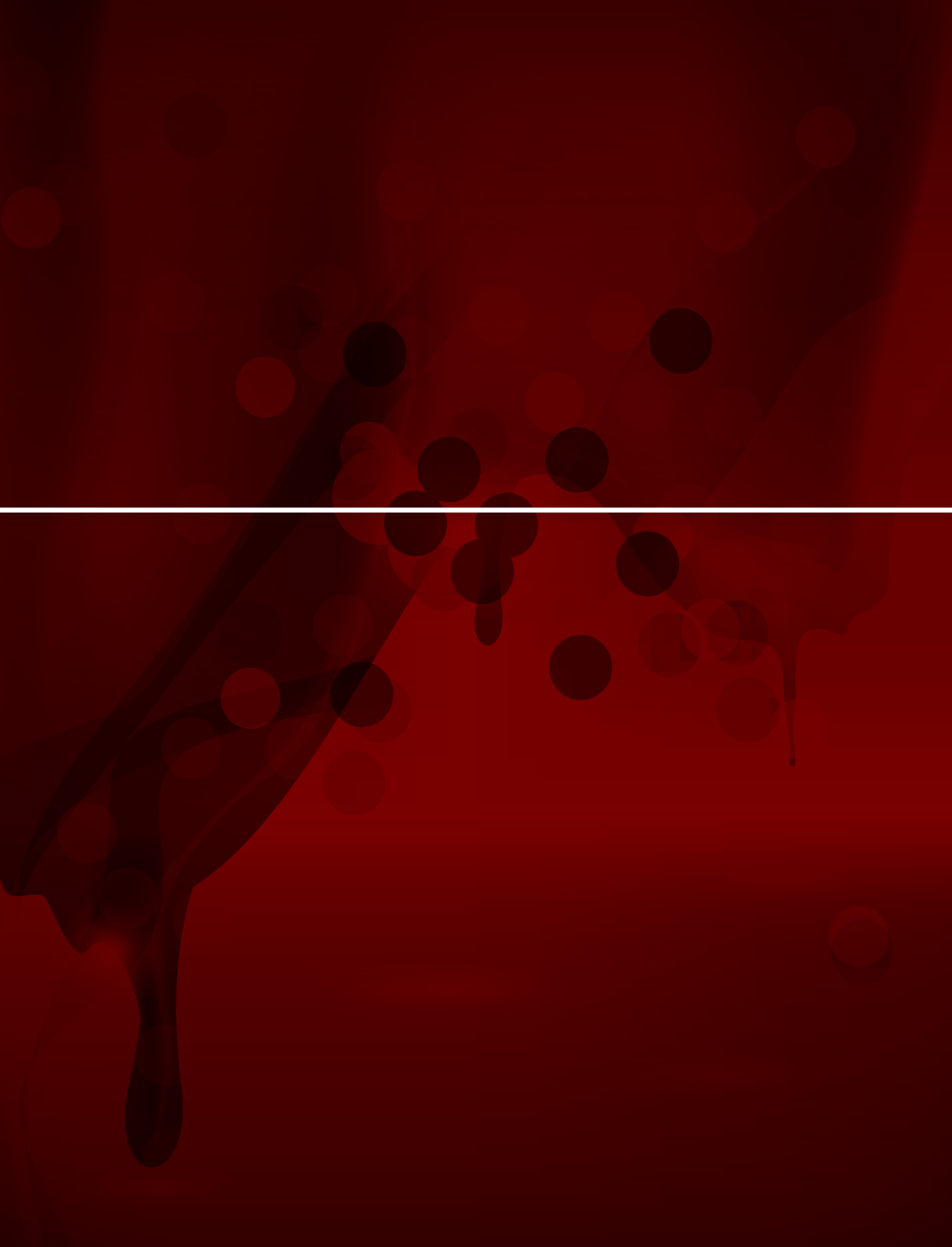
Instituto Evandro Chagas, IEC/SVS/MS, Brasil

Marcela Varona Uribe

Instituto Nacional de Salud de Colombia

Maria Paula del Amaral Zaitune

Ministerio de Salud de Brasil



Introducción

En la cuenca amazónica, las investigaciones con ribereños cuya principal fuente alimentaria es el pescado muestran índices de mercurio en el cabello (Hg-C) que están entre los más elevados del mundo, principalmente en la cuenca del río Tapajós. Esto también se ha observado en las poblaciones indígenas y en habitantes que viven cerca de hidroeléctricas que tuvieron un área considerable desmatada para formar sus reservorios. Estos son fuertes indicadores de la necesidad de monitorear clínicamente a estas poblaciones para verificar la presencia de síntomas y signos que indiquen una intoxicación por metilmercurio ¹⁻⁶.

La exposición al mercurio elemental, proveniente de la minería de oro, especialmente la de pequeña escala, ocurre en diversas regiones de la Amazonía. Si bien es probable que los trabajadores sean los principales expuestos, la población en general puede estar expuesta al vapor de mercurio en las proximidades de los lugares de minería, o incluso de los lugares comerciales o residenciales que practican la quema de la amalgama de oro y mercurio en áreas urbanas ⁷⁻¹⁰.

Frente a este panorama, deben discutirse los aspectos clínicos y neurológicos de la intoxicación por mercurio, así como los criterios diagnósticos y las directrices terapéuticas, a fin de contribuir con la vigilancia en salud de las poblaciones expuestas ambiental y ocupacionalmente a este metal. La formulación de estrategias, tanto en el campo conceptual como de intervención, para reflexionarlo a partir de las especificidades nacionales, se encuadra en el debate nacional e internacional sobre la exposición humana a la acción de agentes tóxicos.

Enfoque diagnóstico interdisciplinario

La evaluación clínica y neuropsicológica de los trabajadores y de las poblaciones ambientalmente expuestas al mercurio asume un carácter interdisciplinario tanto por la complejidad de la exposición como por la interfaz con diversas áreas del conocimiento, como la psicología, la neurología, la toxicología, entre otras, y se articula con las acciones de vigilancia en salud en el campo de la salud del trabajador y de la salud ambiental.

Es esencial detectar de manera precoz los efectos causados por esta sustancia para prevenir secuelas irreversibles en el sistema nervioso central y periférico, así como para garantizar medidas adecuadas de tratamiento y vigilancia de las poblaciones expuestas. Por ello, a continuación se detallan las etapas de la evaluación ^{11, 12}.

Etapas de la evaluación

Enfermería: identificación de signos vitales y de material para exámenes de laboratorio, los cuales proveen indicadores biológicos de exposición, de acuerdo con el tipo de exposición ocupacional y ambiental de las poblaciones expuestas.

Aspectos ocupacionales y epidemiológicos: historia ocupacional y ambiental: historia ocupacional pasada y actual, lugar de vivienda, hábitos alimentarios, migración, renta, escolaridad, estado civil, tabaquismo, etilismo, evaluación de equipo de protección personal, pasatiempos y hábitos en el trabajo (tabaquismo, lavar las manos y el cuerpo) y otros aspectos del perfil epidemiológico.

Clínica: anamnesis espontánea y anamnesis dirigida. También contempla datos de la historia fisiológica, historia patológica familiar (con énfasis en las neuropatías, trastornos endócrinos, metabólicos y cardíacos), historia familiar, historia social, uso de medicamentos (frecuente, actual o pasado), seguidos de un examen clínico detallado, con énfasis en el sistema neurológico, y la solicitud de exámenes de laboratorio y exámenes complementarios (electroencefalograma con mapeo cerebral (EEG), electroneuromiografía (ENMG) u otros) en los casos indicados.

Psicológica: Se determina con objetivos pronósticos, con la realización de la anamnesis y aplicación de las pruebas neuropsicológicas. El conjunto de pruebas está compuesto por instrumentos específicos para evaluar funciones que puedan estar alteradas como resultado de la exposición ocupacional a sustancias neurotóxicas¹². El conjunto de pruebas se define a partir de la realidad local y de la capacidad del equipo de salud local para aplicarlas (con psicólogos capacitados en el área).

En años recientes, las pruebas neuropsicológicas, al evaluar funciones corticales y subcorticales, proporcionaron mayor agudeza en el examen de las personas al identificar precozmente alteraciones en poblaciones expuestas a contaminantes químicos ocupacionales y ambientales. No obstante, estas pruebas presentan algunas limitaciones, como la posibilidad de lidiar con déficits preexistentes a la exposición y el hecho de que sus normas están, en su mayoría, categorizadas para la población general y no para subgrupos específicos como aquellos expuestos ocupacional y ambientalmente a sustancias neurotóxicas¹². Evidentemente, la elección de las pruebas y su aplicación determinan la calidad y la precisión de las respuestas obtenidas.

En relación con el mercurio orgánico, los estudios neuropsicológicos han tenido una aplicación más reciente, principalmente en niños, para evaluar el desarrollo psicomotor.

El problema para las poblaciones tradicionales de la Amazonía en cuanto a la aplicación de las pruebas neurocomportamentales es que la mayoría no está estandarizada en Brasil y presenta datos validados para las poblaciones americana y europea¹³. La comprensión de las preguntas formuladas y la escolaridad interfieren en el desempeño de las pruebas, lo que sugiere que los valores obtenidos puedan ser sub o sobreestimados si se comparan con otros grupos poblacionales.

Además de las etapas descritas, es probable que se requieran otros niveles de evaluación especializada del paciente. La discusión del caso individual, con un enfoque interdisciplinario, establecería la interfaz de las diversas disciplinas que intervienen en el proceso de evaluación, inclusive con los datos de la evaluación ambiental y de las condiciones de trabajo señaladas por los estudios específicos. Merecen especial atención los niños y las mujeres en edad reproductiva, lactantes y gestantes. La evaluación debe estar a cargo de

personal capacitado, previa prueba piloto para examinar la comprensión por parte de los trabajadores y de la población en general.

Cabe resaltar que los resultados de los exámenes se deben entregar individualmente a la población evaluada, y luego se deben notificar los casos identificados. A continuación se discutirán las directrices terapéuticas, de acuerdo con el tipo de exposición o la forma del mercurio.

Criterios diagnósticos

El requisito primario para diagnosticar la intoxicación por mercurio, tanto del metilmercurio como del metálico, es la historia de exposición ambiental u ocupacional. Los casos que se deben supervisar son los de aquellos individuos expuestos que presenten signos y síntomas característicos de intoxicación o resultados de laboratorio alterados. A continuación se detallan los criterios clínicos diagnósticos en las intoxicaciones crónicas para las dos principales formas de mercurio.

Mercurio metálico

El diagnóstico de hidrargirismo (intoxicación crónica por mercurio metálico) de naturaleza ocupacional es esencialmente epidemiológico y clínico. Se basa en la historia ocupacional y en la observación de síntomas y signos clínicos y de laboratorio. En la región amazónica existen declaraciones de efectos clínicos asociados a la exposición al vapor de mercurio, tales como irritabilidad, nerviosismo, ansiedad, depresión, temblor, pérdida de memoria, alteraciones dermatológicas, sialorrea, sabor metálico, irritación ocular, disnea^{7, 14, 15}, así como alteraciones en pruebas neuropsicológicas⁹. Es probable que la frecuencia de temblor, el tiempo de reacción y la estabilidad postural se alteren cuando se midan mediante estas pruebas neuromotoras computarizadas en individuos expuestos ocupacionalmente¹⁷.

Criterios para el diagnóstico de hidrargirismo

Clínico: presencia del comprometimiento de la memoria, lo que afecta el registro, el almacenamiento y la evocación de nuevos datos; procesamiento de datos alterado, de modo que el individuo progresivamente tiene dificultad para responder a más de un estímulo cada vez; deterioro de las habilidades motoras (apraxias) y percepción (agnosias); actividades rutinarias perjudicadas; ausencia de trastornos sistémicos u otra enfermedad del sistema nervioso central que podrían conllevar a un déficit cognitivo²⁰.

Cuando la intoxicación se encuentra en una fase avanzada, se producen alteraciones motoras, como alteraciones al caminar, entre otros, y hallazgos neurológicos focales como alteraciones de sensibilidad, reflejos y nistagmos²⁵.

Exámenes complementarios: normales (EEG, TCC, RM) o con alteraciones inespecíficas (por ejemplo, EEG con lentificación). Los exámenes complementarios sirven para excluir otras condiciones que podrían provocar cuadros neurológicos y neurocomportamentales que no sea el hidrargirismo. Se recomienda electroneuromiografía, electroencefalograma y otros según criterio médico.

Laboratorial: dosificación de mercurio en la orina (Hg-U) ajustada por la creatinina y en la sangre (Hg-S). Hemograma completo, glucosa, urea, creatinina, hepatograma y urianálisis, nivel de proteína en la orina, N-acetil-beta-d-glicosaminidasa (NAG) en la orina, Alanina deshidrogenasa (ALA-D) ¹⁷. Estas pruebas no son necesarias para el diagnóstico cuya orientación dependa del contexto clínico-epidemiológico. No obstante, son importantes para evaluar la salud y los efectos del mercurio y se deben analizar conjuntamente con los datos ambientales de la exposición.

Diagnóstico diferencial: intoxicaciones por otras sustancias químicas, patologías infecciosas, uso de alcohol, historia de enfermedades neurológicas, historia clínica de enfermedad renal, enfermedades psiquiátricas, uso de medicamentos, entre otras ^{14, 15, 18, 25}.

Directrices terapéuticas: en los casos en los que se confirme la intoxicación, se deberá alejar al individuo inmediatamente de la exposición a fin de evitar la reexposición. La normalización o estabilidad de los niveles biológicos de las sustancias, después de haberse alejado del ambiente de trabajo, no indica la ausencia de intoxicación ni constituye un criterio para regresar a un ambiente o función que implique un riesgo de exposición ^{11, 12}.

Se recomienda:

- Tratamiento de las interurrencias clínicas Reposición de vitaminas y de sales minerales Seguimiento psicoterápico, en casos de perturbaciones psíquicas y sociales Readaptación profesional Seguimiento clínico semestral o a criterio médico de acuerdo con el cuadro presentado por el paciente.

El equipo de salud local debe prestar el soporte inicial de acuerdo con el cuadro clínico presentado, realizar la notificación y derivar al paciente a atención de media y alta complejidad en el Sistema de Salud (en el caso de Brasil, al SUS). Se debe recomendar la recolección de muestras para determinar el mercurio en la sangre (Hg-S) y en la orina (Hg-U).

No basta identificar momentáneamente la situación de salud de los trabajadores. Es necesario realizar un monitoreo clínico periódico, acompañado de monitoreo biológico y ambiental, a fin de prevenir secuelas irreversibles, de modo que, cuando haya signos y síntomas característicos de intoxicación, los trabajadores sean inmediatamente alejados del trabajo y puedan gozar de sus derechos laborales garantizados.

Metilmercurio

La enfermedad de Minamata (intoxicación por metilmercurio) se puede observar mediante la siguiente secuencia de síntomas presentados por los pacientes.

Criterios para diagnosticar la enfermedad de Minamata (intoxicación por metilmercurio)

Clínico en bajos niveles de exposición: trastornos del sueño, dolor de cabeza fatiga, dificultad de concentración, depresión, pérdida de memoria, disminución de la coordinación motora fina, dolores musculares y articulares, calambres musculares; malestar gastrointestinal, frecuencia cardíaca alterada, hipertensión, temblor, adormecimiento u hormigueo alrededor de la boca ¹⁹.

Clínico en niveles más altos de exposición: adormecimiento u hormigueo en las manos y pies, andar desorientado, dificultad para caminar (ataxia), habla lenta o arrastrando las palabras, visión en túnel, disminución de la agudeza visual, temblor, movimiento anormal de los ojos y disminución de la audición ²⁰⁻²⁵.

Los signos y señales mencionados no se deben considerar aisladamente. Por ello, para el diagnóstico es necesario realizar un examen neurológico detallado, relacionado con la historia de exposición de los habitantes. Se debe considerar la combinación de los siguientes síntomas: trastornos sensitivos y ataxia; trastornos sensoriales y sospecha de ataxia; trastornos de equilibrio y disminución concéntrica bilateral del campo visual; trastornos sensitivos y disminución concéntrica bilateral del campo visual y otros trastornos oftálmicos o de la audición ²⁰⁻²⁵.

La presencia aislada del trastorno sensitivo y de la ataxia no se puede considerar una intoxicación por metilmercurio ²⁰⁻²⁵.

Estos síntomas y signos confirmarían el diagnóstico, siempre que no existan trastornos sistémicos u otra enfermedad del sistema nervioso central que pudieran causarlos, relacionados con los datos epidemiológicos o de los biomarcadores y en la presencia de exámenes complementarios normales (EEG, TCC, RM) o con alteraciones inespecíficas.

Laboratorial: determinación de mercurio en el cabello (Hg-C) y en la sangre (HG-S), hemograma completo, glucosa, urea, creatinina, hepatograma, nivel de proteína en la orina, N-acetil-beta-d-glicosaminidasa (NAG) en la orina, Alanina deshidrogenasa (ALA-D)²⁵. Al igual que con el mercurio metálico, si bien estas pruebas no son esenciales para el diagnóstico, contribuyen de manera significativa a la evaluación de la salud y de los efectos del mercurio y se deben analizar junto con los datos ambientales de la exposición.

Complementarios: electroneuromiografía, campimetría y otros según criterio médico. Sirven para excluir otras condiciones que podrían provocar cuadro clínico, neurológico y neuropsicológico que no sea la enfermedad de Minamata, así como para evaluar daños mayores y con efectos pronósticos.

Diagnóstico diferencial: enfermedades infectocontagiosas, psiquiátricas, neurológicas, alcoholismo, uso de medicamentos y de otras sustancias psicoactivas, así como uso de agrotóxicos y otras exposiciones a sustancias químicas ^{12, 14}.

Directrices terapéuticas: Orientación nutricional: las estrategias de comunicación de riesgo deben considerar diversos aspectos, principalmente cuando se trata de poblaciones tradicionales de la Amazonía cuyo alimento principal es el pescado. Estas estrategias

deben proporcionar una orientación adecuada para que los pobladores puedan elegir adecuadamente los tipos de peces con bajos niveles de mercurio, a fin de no perder esta dieta nutritiva ^{26, 27}.

Se recomienda:

- Tratamiento de las interurrencias clínicas. Reposición de vitaminas y de sales minerales, según criterio médico Seguimiento psicoterápico, en los casos de perturbaciones psíquicas y sociales Seguimiento clínico semestral o según criterio médico, de acuerdo con el cuadro presentado por el paciente.

El equipo de salud local debe prestar el soporte inicial de acuerdo con el cuadro clínico presentado, notificar y derivar, a la brevedad, al paciente a atención de media y alta complejidad en el Sistema Único de Salud. Se debe indicar la recolección de muestra para determinar el mercurio en el cabello (Hg-C) y en la sangre (Hg-S).

En el anexo se presenta una lista de enfermedades y sus respectivos CIE-10 (Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades) y problemas relacionados con la salud que pueden estar asociados a la exposición al mercurio y a sus compuestos en los términos del Decreto n.º 1339 de 18/11/1999, MS, Brasil, 1999 ²⁸.

Conclusiones

En relación con la intoxicación crónica por mercurio metálico (hidrargirismo), hemos tenido las declaraciones de diversos casos en los más variados estados y países, sin una correspondencia equivalente en las notificaciones, lo que se hace prioritario en este momento para desarrollar acciones de vigilancia y de atención integral para estas poblaciones. Sin embargo, en el caso de la enfermedad de Minamata, su no identificación hasta la fecha en la Amazonía puede fundamentar la hipótesis de que ella podría no ocurrir en la Amazonía con todas sus características patológicas. Se evidencia esta posibilidad, considerando las diferencias ambientales en Minamata y el aspecto ambiental en la Amazonía, así como las características sociales, culturales, económicas y genéticas de las poblaciones involucradas y la presencia de otras enfermedades en el ambiente amazónico, muy diferente de las que ocurren en Japón ²⁹.

Algunos estudios, incluso considerando las diferentes metodologías utilizadas, indican la posibilidad de que en la región Amazónica exista un indicativo de acción silenciosa de esta sustancia en los ribereños expuestos ²⁹⁻³², con la probable aparición de la expresión clínica de la intoxicación por mercurio en la Amazonía. No se puede dejar de reconocer que existen diferencias puntuales y específicas, así como quejas entre las poblaciones expuestas que merecen especial atención, ya que estas podrían actuar como indicadores en la detección precoz de signos y síntomas con potencial de reversibilidad en la enfermedad tanto de origen ocupacional como ambiental.

La tecnología de punta sobre la contaminación ambiental por mercurio en la Amazonía indica claramente que se deben adoptar estrategias preventivas y de monitoreo de esta contaminación. Actualmente, con los avances obtenidos en el campo de la salud ambiental

no se puede esperar a que las poblaciones presenten síntomas clásicos de la enfermedad para intervenir y evitar mayores daños.

En este sentido, los estudios de estos daños deben considerar los saberes de las poblaciones expuestas, tanto de los trabajadores como de las poblaciones tradicionales de la Amazonía. La literatura ha demostrado que estas poblaciones pueden distinguir diferencias, incluso sutiles e imperceptibles quizá para personas de otras culturas sobre, por ejemplo, elementos que componen su territorio y que expresan el nivel de percepción de su complejidad³³. Además, si pensamos en la biodiversidad amazónica, no podemos olvidar que en esta selva, además de la inmensa diversidad de insectos y plantas, también habita una población con toda su pluralidad³⁴.

Estas consideraciones son prioritarias para apoyar las medidas de intervención cuya finalidad es capacitar a los equipos locales de salud para diagnosticar, tratar y notificar las intoxicaciones. Además, contribuyen con el desarrollo de una propuesta de vigilancia en salud de las poblaciones expuestas, que debe ser asumida por el sistema de salud y articularse con las acciones de vigilancia sanitaria, epidemiológica y ambiental en el campo de la salud ambiental y de la salud del trabajador.

Referencias

- 1 Leino T, Lodenius M. Human hair mercury levels in Tucuruí Area, State of Pará, Brasil. *Science of the Total Environment* 1995; 175, 119-125.
- 2 Santos ECO, Jesus IM, Brabo ES, Loureiro EC, Mascarenhas AF, Weirich J, Camara VM, Cleary D. Mercury exposure in riverside Amazon communities in Para, Brazil. *Environmental Research* 2000; 84, 100-107.
- 3 Dorea JG, De Souza JR, Rodrigues P, Ferrari I, Barbosa AC. Hair Mercury (signature of fish consumption) and cardiovascular risk in Munduruku nad Kayabi Indians of Amazonia. *Environmental Research* 2005, 97:209-219.
- 4 Pinheiro MC, Oikawa T, Vieira JL, Gomes MS, Guimarães GA, Crespo-Lopez ME, Vieira Muller RC, Amoras WW, Ribeiro DR, Rodrigues AR, Cortes MI, Silveira LC. Comparative study of human exposure to mercury in riverside communities in the Amazon region. *Brasil J. Med Biol Res* 2006; 39, 411-414.
- 5 Passos CJ, Mergler D. Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review. *Cadernos de Saúde Pública* 2008; 24(4), 503-520.
- 6 Barbieri FL, Gardon J. Hair mercury levels in Amazonian populations: spatial distribution and trends. *International Journal of Health Geographics* 2009; 8, 71-91.
- 7 Câmara VMC, Silva AP, Pivetta F, Perez MA, Lima MIM, Filhote MIF, Tavares LMB, Maciel MV, Alheira FV, Dantas T, Martins MS. Estudo dos Níveis de exposição e efeitos à saúde por mercúrio metálico em uma população urbana de Poconé, Mato Grosso, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 1996; 12(1), 69-77.
- 8 De Jesus IM, Santos ECO, Brabo ES, Loureiro ECB, Câmara VM, Mascarenhas AFS, Silva DFL, Cleary D. Exposure to Elemental Mercury in Urban Workers and Gold Miners from the Tapajos Region, Pará, Brasil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2001; 67, 317-323.
- 9 Veiga MM, Bermudez D, Pacheco-Ferreira H, Pedroso R, Gunson A, Berrios G, Vos L, Huidobro P, Roeser M. Mercury Pollution from Artisanal Gold Mining in Block B, El Callao, Bolívar State, Venezuela. En: Dynamics of Mercury Pollution on Regional and Global Scales:

- Atmospheric Processes, Human exposure Around the World. Pirrone N, Mahaffey K. (Eds). Springer Publisher, Norwell, MA, Estados Unidos; 2005, 421-450. ISBN: 0-387-24493-X.
- 10 Hurtado J, Gonzales GF, Steenland K. Mercury exposures in informal gold miners and relatives in southern Peru. *Int J Occup Environ Health*. 2006; 12(4), 340-5.
 - 11 Pacheco-Ferreira H. Epidemiologia das substâncias químicas neurotóxicas. En: Medronho RA, Bloch KV, Luiz RR, Werneck GL. *Epidemiologia*. São Paulo: Atheneu; 2008, 577-86.
 - 12 Hartman DE. Neuropsychological Toxicology. Identification and assesment of Human Neurotoxic Syndromes. Ed. Pergamon Press, Estados Unidos; 1988.
 - 13 Spreen y Starus, 1991, en: Mendes M H F. 1994. Contribuição para a avaliação clínica da memória: estudo normativo do teste dos três desenhos e três palavras em uma amostra da população brasileira. Sustentación de maestría. Facultad de Medicina de la Universidad Federal Fluminense-Niterói, Río de Janeiro.
 - 14 O'Reilly SB, Drasch G, Maydl S, Vosko M, Casellas C, Rambaud A, Pacheco-Ferreira, H. Protocols for Environmental and Health Assessment —Global Mercury Project (GEF)—, UNDP-UNIDO. En: Veiga MM, Baker RR. Protocols For Environmental and Health assessment of Mercury Released by Artisanal and Small Scale Gold Miners. Den Removal of Barriers to the Introduction of Cleaner Artisanal Gold. Viena, Austria: GEF/UNDP/UNIDO; 2004, 289p. ISBN 92-1-106429-5.
 - 15 Santos E O, Loureiro CB, Jesus IM, Brabo E, Silva RSU, Soares MCP, Câmara VM, Souza MRS, y Branches F. Diagnóstico das condições de saúde de uma comunidade garimpeira na região do Rio Tapajós, Itaituba, Pará, Brasil, 1992. *Cadernos de Saúde Pública* 1995; 11(2), 212-225.
 - 16 Corbett CE, El Khouri M, Costa AN, Gyuricza JV, Corbett JF, Frizzarini R, De Araújo Andrade DC, Cordeiro Q, Stravogiannis A, Chassot CA, Vieira JL, Pinheiro MC. Health evaluation of gold miners living in a mercury-contaminated village in Serra Pelada, Pará, Brasil. *Arch Environ Occup Health* 2007; 62(3), 121-8.
 - 17 Harari R, Harari F, Gerhardsson L, Lundh T, Skerfving S, Strömberg U, Broberg K. Exposure and toxic effects of elemental mercury in gold-mining activities in Ecuador. *Toxicol Lett*. 2011. DOI:10.1016/j.toxlet.2011.09.006.
 - 18 International Programme on Chemical Safety (IPCS). Elemental mercury and inorganic mercury compounds: Human Health Aspects. Concise International Chemical Assessment Document 50. Organización Mundial de la Salud, Ginebra; 2003, 64 p.
 - 19 Silbernagel S, Carpenter D, Gilbert S, Gochfeld M, Groth III E, Hightower J, Schiavone F. Recognizing and Preventing Overexposure to Methylmercury from Fish and Seafood Consumption: Information for Physicians. *Review Article Journal of Toxicology Volume* 2011; 1-7.
 - 20 Wakamiya J, Arimura K. Effect assesment. En: Proceedings of the international workshop on environmental mercury pollution and its health effects in Amazon River basin. National Institute for Minamata Disease (Environmental Agency, Japan/Instituto de Biofísica, UFRJ, Brasil); 1994, 126-141.
 - 21 Eto K. Effects assessment methodology: pathological view points. En: Proceedings of the international workshop on environmental mercury pollution and its health effects in Amazon River basin. National Institute for Minamata Disease (Environmental Agency, Japan/Instituto de Biofísica, UFRJ, Brasil); 1994, 142-150.
 - 22 Iwata K, Abe H. Neuroophthalmological and pathological studies of organic mercury poisoning. Minamata Disease in Japan. En: Recent Advances in Minamata Disease Studies. Methylmercury poisoning in Minamata and Niigata, Japan. Tsubaki T, Takahashi H. (orgs.). Ed. Kodansha Ltd. Tokio, Japón; 1986.
 - 23 Mizukoshi, K, Watanabe Y, Kato I. Otorhinolaryngological Findings. En: Recent Advances in Minamata Disease Studies. Methylmercury poisoning in Minamata and Niigata, Japan. Tsubaki T, Takahashi, H (orgs.). Ed. Kodansha Ltd. Tokyo, Japón; , 1986. 143-138.

- 24 Eto K. Pathology of Minamata Disease. *Toxicologic Pathology* 1997; 25 (6), 614-623.
- 25 Agency for Toxic Substances and Disease Registry U.S. Public Health Service (ATSDR), EPA (Environmental Protection Agency U.S.). Toxicological profile for mercury. Washington, DC: Clement Associates; 1999.
- 26 Choi A, Cordier S, Weihe P, Grandjean P. Negative Confounding in the Evaluation of Toxicity: The Case of Methylmercury in Fish and Seafood. *Crit Rev Toxicol.* 2008; 38(10), 877-893.
- 27 Dorea J. Research into Mercury Exposure and Health Education in Subsistence Fish-Eating Communities of the Amazon Basin: Potential Effects on Public Health Policy. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2010; 7, 3467-3477. DOI:10.3390/ijerph7093467.
- 28 Brasil. Ministerio de Salud. Decreto n.º 1339 de 18 de noviembre de 1999.
- 29 Pacheco-Ferreira H. Estudo dos efeitos a saúde em populações ribeirinhas expostas ao mercúrio na Amazônia. Tesis de Doctorado. NAEA –UFPA, Belém, Pará; 2000.
- 30 Lebel J, Mergler D, Branches F, Lucotte M, Amorim M, Larribe F y Dolbec J. Neurotoxic effects of low-level methylmercury contamination in Amazonian basin. *Environment Research Section A* 1998; 79, 20-32.
- 31 Grandjean P, White R, Nielsen A. Methylmercury neurotoxicity in Amazonian children downstream from gold mining. *Environmental Health Perspectives* 1999; 107 (7), 587-591.
- 32 Araujo MA. Relatório Técnico Monitoramento do risco de neurotoxicidade em populações ribeirinhas da Amazônia relacionado a contaminação ambiental por mercúrio: Vila de Barreiras, Itaituba, Pará; mayo de 2002.
- 33 Castro E. Industrialização, transformações sociais e mercado de trabalho. En: Industrialização e Grandes Projetos. Castro E, Moura EF, Maia MCS (orgs.). Editora Universitária-UFPA/Belém, Pará; 1995, 91-120.
- 34 D’Incao MA. Limites culturais na responsabilidade de conservação da biodiversidade. En: A Amazônia e a crise da modernização. D’Incao MA, Silveira I M (orgs.). Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, Pará; 1994.

Anexo

Cuadro 1. Lista de enfermedades y sus respectivos CIE-10 (Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades) y problemas relacionados con la salud que pueden estar asociados a la exposición al mercurio y a sus compuestos.

Efectos tóxicos del mercurio y sus compuestos	T56.1
Efectos tóxicos agudos	T57.1
Encefalopatía tóxica aguda	G92.1
Encefalopatía tóxica crónica	G92.2
Otros trastornos mentales ocasionados por la lesión y disfunción cerebrales y de enfermedad física	F06.
Trastornos de personalidad y de comportamiento causados por la enfermedad, lesión y de disfunción de personalidad	F07
Trastorno mental orgánico o sintomático no especificado	F09.
Episodios depresivos	F32.
Neurastenia (incluye "síndrome de fatiga")	F48.0
Ataxia cerebelosa	G11.1
Otras formas especificadas de temblor	G25.2
Trastorno extrapiramidal del movimiento no especificado	G25.9
Arritmias cardíacas	I49.
Gingivitis crónica	K05.1
Estomatitis ulcerativa crónica	K12.1
Dermatitis alérgica de contacto	L23.
Enfermedad glomerular crónica	N03.
Nefropatía tubulointersticial inducida por metales pesados	N14.3
Trastorno cognitivo leve	F06.7

Fuente: Decreto n.º 1339 ²⁸.

Resumen de la cooperación técnica y recomendaciones

Alysson Lemos

Organización Panamericana de la Salud, Brasil

Jorge Mesquita Huet Machado

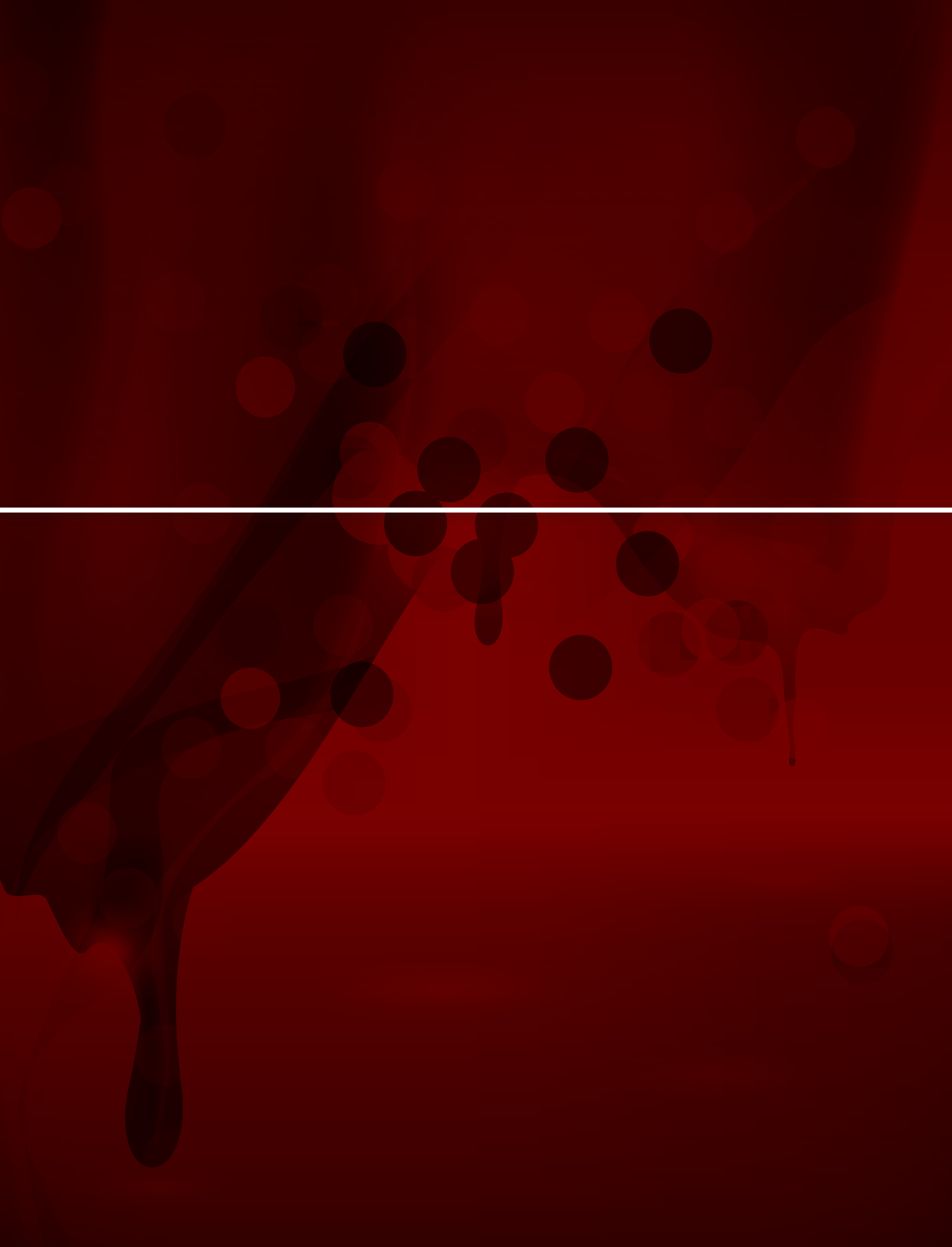
Fundación Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)

Ricardo Torres

Organización Panamericana de la Salud, Bolivia

Teófilo Monteiro

Organización Panamericana de la Salud, Colombia



Esta publicación es el resultado de la cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia, organizada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), con miras a fortalecer los sistemas de salud para trabajar la exposición humana al mercurio. Se identificaron cuatro líneas de trabajo prioritarias para facilitar el fortalecimiento de la vigilancia de la salud de las poblaciones expuestas al mercurio, a saber:

1. Vigilancia de la salud: definición e implementación de herramientas para la notificación de casos, establecimiento de sistemas de información, la percepción y la comunicación de riesgos.
2. Las metodologías analíticas para la cuantificación de mercurio: el intercambio de técnicas y metodologías analíticas para la cuantificación de mercurio, control de calidad y capacitación.
3. La investigación y la búsqueda de información: líneas prioritarias de investigación sobre el mercurio y la difusión de información.
4. Cuidado de la salud: establecimiento de protocolos para el diagnóstico y manejo clínico.

En el intercambio de cooperación técnica se celebraron tres reuniones, la primera ocurrió entre el 1 y el 3 de diciembre de 2010 en la ciudad de Bogotá, Colombia. En esta reunión se establecieron las prioridades para la cooperación técnica.

La segunda reunión se llevó a cabo del 3 al 5 de mayo de 2011 en La Paz, Bolivia. En esta reunión se estableció una propuesta de declaración de principios para los sistemas de vigilancia, a saber: “Proveer a las autoridades y la sociedad en conjunto un sistema de vigilancia en salud que permita promover la salud, prevenir, identificar, evaluar y controlar los riesgos de exposición a sustancias químicas, sobre la base de los principios de oportunidad, igualdad, universalidad y solidaridad, teniendo en cuenta el contexto social y cultural de los pueblos”.

La tercera reunión se celebró en Brasil, del 13 al 16 de septiembre de 2011, en la ciudad de Ananindeua - Pará, en la sede del Instituto Evandro Chagas (IEC). Esta fue la reunión de clausura de la cooperación técnica, con la presentación de diversos productos, discusión de los retos futuros y los compromisos entre los países con la vigilancia de la salud de las poblaciones expuestas al mercurio. Entre los invitados se destacan la participación del presidente de la Comisión Internacional de Comercio de Mercurio (INC-PNUMA), Dr. Fernando Lugris, y de representantes de los tres países. Además, estaban también presentes representantes de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), como participantes del Proyecto de vigilancia de la salud ambiental de la Amazonía.

Entre los productos obtenidos por esta cooperación técnica se destacan tres: el primero se refiere a las herramientas y los procedimientos para notificar los casos de intoxicación por mercurio y otros químicos. Brasil y Colombia ya tenían las herramientas y los flujos de información definidos y varios puntos se discutieron y refinaron durante la cooperación; sin embargo, la conclusión fue que este es un proceso continuo de perfeccionamiento. A pesar de que Bolivia ha generado una herramienta de notificación, no se ha implementado y no ha generado el flujo de información, que se viene definiendo; con base a

la experiencia de Brasil y Colombia, fue posible elaborar un protocolo de vigilancia de la salud de las poblaciones expuestas al mercurio.

El segundo producto fue la capacitación en el análisis de mercurio total y metilmercurio en las muestras biológicas y ambientales (de tejido capilar, orina, peces y sedimentos). La capacitación fue organizada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), la Coordinación General de Vigilancia en Salud Ambiental (CGVAM/SVS/MS) de Brasil y el Instituto Evandro Chagas (IEC/SVS/MS). Esta capacitación tuvo como instructores a profesionales de la Sección de Medio Ambiente (SAMAM) del Instituto Evandro Chagas, bajo la supervisión del Dr. Akagi Hirokatsu y de la Dra. Sonoda, expertos japoneses enviados por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Esta actividad puede ser entendida como el embrión de una futura consolidación de la Red Internacional de Cooperación Técnica y Tecnológica entre los países de la Región Amazónica que permitirá avanzar en el proceso de fortalecimiento de la vigilancia de la salud ambiental en la región.

El tercer producto consistió en que la cooperación también permitió la definición de una red de intercambio llamada Red de Vigilancia de la Salud de la Exposición al Mercurio (Redvigimer). La misión de esta red será la democratización de la información, el intercambio de experiencias y la conformación de grupos de discusión específica que contribuyan al fortalecimiento de la vigilancia de la salud de las poblaciones expuestas al mercurio. Se puede acceder a la página electrónica de la red a través de la siguiente dirección: <http://bvs.per.paho.org/redvigimer/p/index.html>

Recomendaciones

Incluso con todos los avances y los esfuerzos para fortalecer la vigilancia de la salud de las poblaciones expuestas al mercurio, hay varias lagunas en el conocimiento y los procesos que aún merecen una atención especial con el fin de posibilitar un avance real y ante las cuales se realizan las siguientes recomendaciones:

- Es necesario establecer protocolos clínicos para el diagnóstico de las poblaciones expuestas al mercurio, teniendo en cuenta todas las formas posibles del metal y de la exposición.
- Es necesario usar metodologías de evaluación de riesgos para la salud humana como apoyo a las acciones de vigilancia de la salud, con el fin de construir un escenario de riesgo con el establecimiento de áreas prioritarias y la definición de las fuentes de emisión y de exposición humana.
- Se requiere el uso de indicadores de vigilancia de la salud ambiental acordado por los países de la OTCA, entre los que se destacan tres indicadores para monitorear el proceso de supervisión: la incidencia de la intoxicación por mercurio, la identificación de las poblaciones expuestas y la identificación de áreas prioritarias.
- Extender la Redvigimer para los países de la OTCA de manera oficial a través de los mecanismos del Tratado.

- Es necesario ampliar la capacidad analítica de los países para cuantificar el mercurio en muestras ambientales y biológicas.
- Establecer programas de intercalibración entre laboratorios.
- Promover la mejora de los sistemas de información de casos de intoxicación por mercurio, con el fin de reducir el subregistro y establecer una línea de base para visualizar la reducción de los casos y permitir la evaluación de las medidas preventivas. Establecer criterios para la definición de áreas prioritarias de poblaciones expuestas al mercurio, lo que permitirá la delimitación de áreas para la aplicación de medidas preventivas.
- Promover la formación de profesionales de la salud que trabajen el problema de la exposición humana al mercurio; se sugiere el establecimiento de un programa de capacitación en vigilancia de la salud en la región.
- Considerar la movilización del mercurio de origen natural relacionado con actividades antropogénicas, que constituye una importante fuente de mercurio en el ecosistema amazónico.
- Solicitar a la tercera sesión del Comité Intergubernamental de Negociación preparar instrumento amplio y jurídicamente vinculante sobre el mercurio (INC-3), para que se incluyan las fuentes de contaminación de mercurio causadas por el aumento de las múltiples actividades antropogénicas, la quema de biomasa, la deforestación y la erosión acelerada, en la documentación que está en negociación.

Esta publicación ha sido realizada con el aporte de varios profesionales de los tres países que integraron esta cooperación, con suficiente experiencia en los temas tratados en cada uno de los capítulos, orientados a fortalecer los programas de vigilancia de la salud de las poblaciones expuestas al mercurio, para lo cual esta publicación aporta suficientes elementos.

