

Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG

Por Jack Weinberg
Asesor Experto en Política Pública
Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes
Orgánicos Persistentes (IPEN)





IPEN®

INTERNATIONAL POPs
ELIMINATION NETWORK

La Red Internacional de Eliminación de los contaminantes orgánicos persistentes (IPEN) es una red mundial de organizaciones de salud y medio ambiente trabajando en más de un centenar de países. La red fue fundada originalmente para promover la negociación de un tratado mundial para proteger la salud humana y el medio ambiente de una clase de productos químicos tóxicos llamados Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs). Luego, tras la adopción por los gobiernos del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, IPEN amplió su misión más allá de los COPs y ahora apoya los esfuerzos locales, nacionales, regionales e internacionales para proteger la salud y el medio ambiente de los daños causados por la exposición a sustancias químicas tóxicas.

Este folleto sólo puede reproducirse para fines no comerciales con la autorización de IPEN.

Fotos de la portada de arriba a abajo: 1) las imágenes de Shutterstock®, 2) las imágenes de Shutterstock®, 3) de iStockphoto®, 4) Proyecto Mundial del Mercurio, 2007, 5) de iStockphoto®, 6) de iStockphoto®

Lista de acrónimos

AAP	Academia Estadounidense de Pediatría
ALMR	Asociación de recicladores de lámparas y de mercurio
AMDE	Episodio de agotamiento del mercurio atmosférico
BPOM	Agencia Indonesia de Control de Alimentos y Drogas
CA	Consejo de Administración del PNUMA
CDC	Centros para el Control y Prevención de las Enfermedades, Estados Unidos
COP	Contaminante Orgánico Persistente
CP/COP	Conferencia de las Partes
DAI	Lámparas de descarga de alta intensidad
DCCA	Dispositivos de control de la contaminación del aire
DGC	Sistemas de desulfuración de los gases de combustión
EMA	Agencia Europea de Medicamentos
EPA	Agencia Estadounidense de Protección Ambiental
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FDA	Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos
GAIA	Alianza Global por Alternativas a la Incineración
GNL	Gas natural líquido
HDSM	Hojas de datos de seguridad de los materiales
IARC	Agencia Internacional de Investigación del Cáncer
IPEN	Red Internacional para la Eliminación de los COP
ISTP	Ingesta semanal tolerable provisional
LCD	Pantallas de cristal líquido
LED	Diodo emisor de luz
LFC	Lámpara fluorescente compacta
MAPE	Minería (de oro) artesanal y en pequeña escala
MEG	Mercurio elemental gaseoso
MGR	Mercurio gaseoso reactivo
MGT	Mercurio Gaseoso Total
MTD	Mejores Técnicas Disponibles
ONG	Organización no gubernamental
OSC	Organizaciones de la sociedad civil
PAN	Red de Acción en Plaguicidas (Pesticide Action Network, PAN)
PVC	Cloruro de polivinilo
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RCS	Reducción catalítica selectiva
REP	Responsabilidad Extendida del Productor
RoHS	Restricciones para el uso de sustancias peligrosas
S/E	Solidificación/Estabilización
SSD	Salud sin Daño (Health Care Without Harm, HCWH)
WEE	Equipo eléctrico y electrónico de desecho

Contenido

1. Prólogo.....	5
2. Introducción al mercurio en el medio ambiente	9
3. Efectos toxicológicos del mercurio y el metilmercurio	14
3.1 Mercurio elemental y sales de mercurio inorgánico	16
3.2 Metilmercurio	17
3.3 Impactos ambientales del metilmercurio	20
4. Contaminación por mercurio	22
4.1 Contaminación aguda por mercurio y enfermedad de Minamata	22
4.2 Pescado contaminado con mercurio	25
4.3 Arroz contaminado con mercurio	30
5. Cómo entra el mercurio en el medio ambiente.....	32
6. La oferta de mercurio	39
6.1 Minería de mercurio	39
6.2 Producción de mercurio elemental como subproducto de la refinación de metales no ferrosos	42
6.3 Mercurio elemental en el gas natural.....	43
6.4 Reciclaje y recuperación de mercurio.....	44
6.5 La necesidad de reducir la oferta de mercurio.....	46
7. Fuentes intencionales: productos con mercurio.....	49
7.1 Instrumentos médicos con mercurio	49
7.2 Interruptores con mercurio.....	52
7.3 Baterías y pilas con mercurio.....	56
7.4 Lámparas fluorescentes con mercurio	60
7.5 Otras lámparas con mercurio	66
7.6 Instrumentos de medición que contienen mercurio	69
7.7 Amalgamas dentales de mercurio	71
7.8 Plaguicidas y biocidas que contienen mercurio	74
7.9 El mercurio en los laboratorios y en las escuelas	77
7.10 Cosméticos que contienen mercurio	79
7.11 El mercurio en la medicina.....	82
7.12 El mercurio en los productos culturales, las medicinas tradicionales y la joyería.....	89

8. Fuentes intencionales: el mercurio en la minería y en los procesos industriales	92
8.1 Uso de mercurio en la minería de oro artesanal y en pequeña escala.....	92
8.2 El mercurio en la producción de cloro-álcali	97
8.3 Catalizadores de mercurio usados en la producción de sustancias químicas	103
9. Fuentes no intencionales de mercurio	108
9.1 Carboeléctricas.....	108
9.2 Otros tipos de combustión de combustibles fósiles.....	121
9.3 Producción de cemento.....	125
9.4 Extracción y refinación de metales.....	129
10. Residuos de mercurio y sitios contaminados con mercurio.....	133
10.1 Residuos de productos.....	133
10.2 Residuos del procesamiento del mercurio y de sus subproductos	136
10.3 El mercurio en el suelo y en el agua.....	137
10.4 Almacenamiento de mercurio elemental a largo plazo	140
11. Hacia un convenio mundial para controlar el mercurio.....	146
11.1 Informe de la evaluación mundial sobre el mercurio	146
11.2 La decisión de negociar un convenio de control del mercurio.....	149
12. Negociación de un convenio mundial eficaz de control del mercurio.....	151
13. Los puntos de vista de IPEN acerca de un convenio mundial sobre el mercurio	154
14. Conclusión	161

1. Prólogo

Este es un libro acerca del mercurio, un contaminante ambiental tóxico. Ofrece información sobre la contaminación con mercurio y los daños que causa a la salud humana y al medio ambiente. Este libro presenta también las principales fuentes de contaminación con mercurio y llama a la sociedad civil a realizar esfuerzos a nivel local, nacional y mundial destinados a lograr el control de las actividades humanas que liberan mercurio en el medio ambiente. El libro pone atención especial en las actuales discusiones y negociaciones intergubernamentales orientadas a establecer un convenio mundial de control del mercurio, e incentiva a las organizaciones no gubernamentales (ONG) y a otras organizaciones de la sociedad civil (OSC) para que se involucren en el proceso del convenio.

El mercurio es un contaminante mundial. Cuando el mercurio es liberado en el medio ambiente, se evapora, viaja con las corrientes de aire y luego cae nuevamente a la tierra, algunas veces cerca de la fuente original y otras veces muy lejos. Cuando el mercurio entra en el medio ambiente acuático, los microorganismos pueden transformarlo en metilmercurio, un compuesto de mercurio que es más tóxico a dosis bajas que el mercurio elemental.

El metilmercurio que se encuentra en el medio ambiente pasa a formar parte de la cadena alimentaria. Los pequeños organismos acuáticos ingieren metilmercurio proveniente del medio ambiente que los rodea. A su vez, estos pequeños organismos sirven de alimento a los peces y otros organismos acuáticos más grandes. Como resultado de esto, el metilmercurio se biomagnifica, concentrándose cada vez más a medida que el contaminante asciende por la cadena alimentaria. Los mamíferos marinos, las aves y otros animales que se alimentan de peces pueden terminar altamente contaminados con metilmercurio. Por lo general, las concentraciones más altas se encuentran en los animales más grandes y viejos. La gente que consume regularmente pescado o animales que comen pescado, también pueden llegar a estar lo suficientemente contaminados con metilmercurio como para que su salud se vea afectada. La madre traspasa al feto en desarrollo el mercurio que se ha acumulado en su

cuerpo. Los fetos, al igual que los lactantes y los niños, son particularmente susceptibles al daño causado por la exposición al mercurio.

El conocimiento científico sobre los daños a la salud humana y al medio ambiente causados por la exposición al mercurio ha ido aumentando con los años y muchos gobiernos ya han tomado algunas medidas para controlar —dentro de sus jurisdicciones— las actividades industriales y otras actividades humanas que liberan mercurio en el medio ambiente. Sin embargo, debido a que el mercurio es un contaminante mundial, ningún gobierno que actúe por sí solo puede proteger a su pueblo y su medio ambiente de los daños causados por la contaminación con mercurio. Reconociendo esto, los gobiernos acordaron en 2009 iniciar negociaciones intergubernamentales con la intención de preparar un convenio mundial, jurídicamente vinculante, de control del mercurio. La primera reunión del Comité Intergubernamental de Negociación para preparar un Instrumento mundial jurídicamente vinculante sobre el mercurio tuvo lugar en Estocolmo, Suecia, en junio de 2010. El objetivo de estas negociaciones es llegar a un acuerdo sobre el texto final, a tiempo para adoptar un nuevo convenio mundial sobre el mercurio durante una conferencia diplomática que se llevará a efecto en 2013.

La producción de este libro tiene como fin incentivar y ayudar a las organizaciones de la sociedad civil mundial a involucrarse en actividades locales, nacionales e internacionales orientadas a controlar la contaminación por mercurio. Incluye información que pueden usar en programas y campañas destinadas a crear conciencia sobre el mercurio entre sus integrantes y en el público en general. Identifica las fuentes de contaminación con mercurio y sugiere lo que puede hacerse para controlar esas fuentes. El libro describe también, en forma general, los tipos de disposiciones que debe contener un convenio mundial de control del mercurio para tener éxito en la tarea de minimizar la contaminación por mercurio hasta un grado suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente, e incentiva a las organizaciones de la sociedad civil de todos los países a tomar parte en los esfuerzos de promoción destinados a garantizar que los gobiernos adopten, ratifiquen e implementen en su totalidad un convenio de control del mercurio que sea eficaz y protector.

El público al que está destinado este libro son los líderes y miembros de aquellas ONG y OSC para las cuales proteger la salud pública y el medio

ambiente de los daños causados por la contaminación con mercurio es –o debiera ser– un tema de preocupación. Entre ellas se incluyen organizaciones de promoción y defensa de la salud pública y del medio ambiente, organizaciones de profesionales médicos y de atención de salud, organizaciones que representan a comunidades o miembros que se hallan bajo el impacto potencial de la exposición al mercurio, sindicatos y otras instituciones. Es el cuarto de una serie de publicaciones sobre temas de seguridad química para las ONG.¹ Las publicaciones de esta serie son las siguientes:

- Una guía al SAICM para las ONG: Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional
- Guía para las ONG sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes
- Guía para las ONG sobre los plaguicidas peligrosos y el SAICM.

Todas estas publicaciones se editaron con el fin de incentivar a las ONG y a las OSC a tomar parte en campañas, programas y proyectos orientados a lograr un mundo en el cual la exposición a sustancias químicas tóxicas ya no sea una fuente importante de daños para la salud y los ecosistemas.

Estas publicaciones de la serie fueron preparadas por la Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN). IPEN es una red mundial de más de 700 organizaciones de salud y medio ambiente, no gubernamentales, de interés público, que trabajan en más de 100 países. La red se fundó originalmente para promover las negociaciones en torno a un convenio mundial para proteger la salud humana y el medio ambiente de una clase de sustancias químicas tóxicas llamada contaminantes orgánicos persistentes (COP). Luego, tras la adopción del Convenio de Estocolmo sobre los COP, por parte de los gobiernos, IPEN amplió su misión más allá de los COP y ahora apoya los esfuerzos locales, nacionales, regionales e internacionales para proteger la salud humana y el medio ambiente de los daños causados por la exposición a toda clase de sustancias químicas tóxicas.

Queremos agradecer a la Agencia Sueca de Protección Ambiental y a la Oficina Federal Suiza para el Medio Ambiente y a otros donantes de IPEN por proporcionar el apoyo financiero que hizo posible la edición de

¹ Estas publicaciones están disponibles en múltiples idiomas en el sitio web de IPEN: <http://www.ipen.org/campaign/education.html>.

este libro. Los puntos de vista aquí expresados, sin embargo, no reflejan necesariamente los de los donantes de IPEN.

También agradecemos a quienes se han tomado el tiempo para aportar información para este libro o para revisarlo, parcial o totalmente. Un agradecimiento especial para Eric Uram, Joe DiGangi, Alan Watson y Peter Orris. Entre los que también han contribuido se encuentran Bjorn Beeler, Marian Lloyd Smith, Olga Speranskaya, Richard Gutiérrez, Fernando Bejarano, Eva Kruemmel, Fé de León, Manny Calonzo, Shahriar Hossain, Takeshi Yasuma, Lilian Corra, Yuyun Ismawati, Ahmed Jaafari, Gilbert Kuepouo, Valerie Denney y otros. Sin embargo, todos y cada uno de los errores que pudiera contener el libro, son de responsabilidad exclusiva de su autor.

Jack Weinberg

Octubre de 2010

2. Introducción al mercurio en el medio ambiente

El mercurio es un elemento natural cuyo símbolo químico es Hg. Esta abreviatura viene de la palabra griega hydrargyrum, que significa plata líquida. En su forma pura, el mercurio es un metal blanco-plateado, líquido a temperatura y presión estándar. En diferentes contextos, al mercurio se le llama con frecuencia azogue, mercurio metálico o mercurio líquido. Comúnmente, sin embargo, el mercurio puro se denomina mercurio elemental.

Debido a que el mercurio elemental tiene una alta tensión superficial, forma gotas pequeñas, compactas y esféricas cuando es liberado en el medio ambiente. Aunque las gotas mismas son estables, la alta presión del vapor del mercurio, comparado con otros metales, hace que el mercurio se evapore. En lugares cerrados el mercurio puede constituir un riesgo por inhalación. Al aire libre el mercurio elemental se evapora y entra en la atmósfera.²

El mercurio es un elemento y no puede ser creado por el hombre ni puede ser destruido. El mercurio es liberado en el medio ambiente por las erupciones volcánicas y existe de manera natural en la corteza terrestre, a menudo en forma de sales de mercurio, como el sulfuro de mercurio. El mercurio está presente en muy pequeñas cantidades en los suelos no contaminados, a una concentración promedio de alrededor de 100 partes por mil millones (ppmm) [ppb, en la nomenclatura anglosajona: parts per billion]. Las rocas pueden contener mercurio en concentraciones de entre 10 y 20.000 ppmm.³ Muchos diferentes tipos de actividades humanas remueven el mercurio de la corteza terrestre con algún propósito, y esto conduce a que el mercurio sea liberado en el medio ambiente en general.

2 "Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water," U.S. EPA Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, 2007, <http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r07003.pdf>.

3 "Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds," U.S. Environmental Protection Agency, 1997, <http://www.epa.gov/ttnchie1/le/mercury.pdf>.

Se puede producir mercurio elemental para uso humano a partir de un mineral llamado cinabrio, que contiene altas concentraciones de sulfuro de mercurio. También puede producirse mercurio elemental como un subproducto de la minería y refinación de metales como cobre, oro, plomo y zinc. El mercurio también puede recuperarse mediante operaciones de reciclaje y a veces se obtiene del gas natural o de otros combustibles fósiles.

Se ha calculado que aproximadamente un tercio del mercurio que circula en el medio ambiente mundial se produce en forma natural, y que aproximadamente dos tercios fueron liberados originalmente en el medio ambiente como resultado de la actividad industrial y otras actividades humanas.⁴ Además de las erupciones volcánicas, las fuentes naturales de mercurio incluyen la erosión de las rocas y los suelos. La cantidad de mercurio que se encuentra circulando en la atmósfera, los suelos, lagos, arroyos y océanos del mundo ha aumentado por un factor de entre dos y cuatro desde el inicio de la era industrial.⁵ Como resultado de ello, los niveles de mercurio en nuestro medio ambiente son peligrosamente altos.

Varios tipos de actividades humanas liberan mercurio en el medio ambiente. El mercurio está presente en los combustibles fósiles, los minerales metálicos y otros minerales. Cuando se quema carbón, mucho de su contenido de mercurio entra en el medio ambiente. Cada vez que la gente produce y utiliza mercurio en forma intencional, gran parte de ese mercurio eventualmente se volatilizará en la atmósfera. En la actualidad, el mayor uso intencional del mercurio corresponde a la actividad de los mineros de oro artesanales y de pequeña escala. Los compuestos de mercurio se usan también, ocasionalmente, como catalizadores o alimentadores en la fabricación de productos químicos y en otros procesos industriales. Finalmente, el mercurio y los compuestos de mercurio están presentes en numerosos tipos de productos de consumo y productos industriales.

Después que el mercurio entra al aire, se mueve con el viento y eventualmente cae de regreso a la tierra. En el aire el mercurio puede viajar ya sea a una distancia corta como a una larga antes de caer nuevamente a la tierra; incluso puede circunvolar todo el globo. Una parte del mercurio que cae en el océano o sobre la tierra se revolatilizará, viajará de nuevo con el viento y caerá otra vez a la tierra en algún otro lugar. El mercurio que

4 U.S. Environmental Protection Agency, http://www.epa.gov/mercury/control_emissions/global.htm.

5 Health Canada, http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/mercur/q1-q6_e.html.

cae sobre la tierra y no se volatiliza, probablemente se unirá a materiales orgánicos. Una parte queda atrapada en la turba o en los suelos. El resto se escurre eventualmente hacia los arroyos y los ríos y luego hacia los lagos y los océanos. En el medio ambiente acuático, el mercurio elemental probablemente quedará unido al sedimento y luego será transportado por las corrientes marinas o fluviales. Una parte del mercurio permanece disuelta en la columna de agua. En los sistemas acuáticos, los microorganismos presentes allí de manera natural pueden transformar el mercurio en metilmercurio, un compuesto organometálico que es más tóxico a dosis bajas que el mercurio en estado puro. El metilmercurio pasa a formar parte de la cadena alimentaria acuática, se bioacumula y se biomagnifica y de esta manera puede ser transportado posteriormente por las especies migratorias.

El mercurio en la atmósfera

La mayor parte del mercurio presente en la atmósfera se halla en estado gaseoso, pero una parte de él está adherida a material particulado. El mercurio gaseoso es más que nada mercurio elemental, pero un pequeño porcentaje se ha oxidado para formar compuestos de mercurio, como el cloruro de mercurio y el óxido de mercurio.

El vapor de mercurio puro, llamado también mercurio elemental gaseoso (MEG), tiene una muy escasa solubilidad en agua y es muy estable en la atmósfera, con un tiempo de residencia de entre seis meses y dos años. Esta estabilidad permite que el mercurio elemental soporte el transporte a larga distancia y hace que las concentraciones de MEG sean bastante uniformes en la atmósfera. Sin embargo, el hemisferio norte, con mayor desarrollo industrial, tiene concentraciones atmosféricas de MEG más elevadas que el hemisferio sur.

A los compuestos de mercurio que se encuentran en estado gaseoso en la atmósfera se les conoce por lo general como mercurio gaseoso reactivo, o MGR. Los compuestos de MGR son más reactivos químicamente que los compuestos de MEG y son generalmente solubles en agua. El MGR es mucho menos estable en la atmósfera que el MEG, y la lluvia y otras formas de precipitación pueden eliminarlo de la atmósfera. Esto se llama deposición húmeda. El MGR también puede ser eliminado de la atmósfera sin precipitación, a través de un proceso denominado deposición seca.

El MGR permanece en la atmósfera sólo por un período bastante corto. El mercurio adherido a partículas también permanece un tiempo relativamente corto en la atmósfera y también puede ser eliminado con bastante rapidez por deposición húmeda y seca.

Debido a que el MEG es un gas sin una alta solubilidad en agua, las precipitaciones no lo eliminan en forma eficiente de la atmósfera. Sin embargo hay variados mecanismos

mediante los cuales el MEG puede ser objeto de deposición, y estos mecanismos están siendo investigados. Algunos estudios relacionan la deposición del MEG con reacciones fotoquímicas en las capas superficiales de la atmósfera. Algunos indican que la deposición seca del MEG puede ocurrir en el dosel de los bosques (El dosel, es decir la unión de las copas de los árboles que se juntan unas con otras para conformar el techo de los bosques, n. trad) y que éste es un sumidero importante para el MEG atmosférico. Otro estudio ha encontrado indicaciones de que bajo ciertas condiciones el MEG puede ser eliminado de la atmósfera en la capa límite marina.^{6,7,8}

La literatura relacionada con este tema informa sobre un fenómeno relativamente reciente denominado episodio de agotamiento del mercurio atmosférico (AMDE: atmospheric mercury depletion event). Investigaciones realizadas en el Ártico superior de Canadá mostraron que cada primavera, durante el amanecer polar, la concentración de mercurio en la atmósfera bajaba bruscamente y al mismo tiempo se agotaba el ozono presente en el aire superficial. Se ha comprobado la ocurrencia de los AMDE en las regiones árticas y antárticas. Estos episodios de agotamiento son causados probablemente por reacciones fotoquímicas en la atmósfera baja, entre compuestos de ozono y halógeno de origen marino principalmente, en especial óxidos de bromo. En este proceso se destruye el ozono, y el mercurio elemental que se halla presente en la atmósfera se oxida y se convierte en compuestos de mercurio gaseoso reactivo. Se calcula que aproximadamente unas 300 toneladas métricas de este mercurio reactivo se depositan anualmente en el Ártico debido a los AMDE. El resultado de esto, aparentemente, es la duplicación, o más, de la cantidad de deposiciones de mercurio en el Ártico, por sobre lo que podría esperarse en ausencia de estos episodios primaverales de agotamiento. Más aún, estas deposiciones de mercurio causadas por los AMDE parecen estar formadas por compuestos de mercurio oxidado biodisponible.^{9,10,11} El descubrimiento del fenómeno de los AMDE ayuda a explicar en mejor forma por qué los habitantes del Ártico sufren el impacto de una desproporcionada exposición al metilmercurio.

Continúan entretanto las investigaciones acerca de los mecanismos por los cuales el mercurio contenido en el MEG atmosférico se deposita sobre la tierra y sobre el agua.

6 X. W. Fu et al., "Atmospheric Gaseous Elemental Mercury (GEM) Concentrations and Mercury Depositions at a High-Altitude Mountain Peak in South China," *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2010, <http://www.atmos-chem-phys.net/10/2425/2010/acp-10-2425-2010.pdf>.

7 E.-G. Brunke et al., "Gaseous Elemental Mercury Depletion Events Observed at Cape Point During 2007–2008," *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2010, <http://www.atmos-chem-phys.net/10/1121/2010/acp-10-1121-2010.pdf>.

8 "Fact Sheet: Mercury—A Priority Pollutant," Arctic Monitoring and Assessment Programme, 2005, <http://www.amap.no/documents/index.cfm?action=getfile&dirsub=/Fact%20Sheets%20-%20ACAP&FileName=FINAL%20-%20merc%20post%20corrections-101205%20screen.pdf>.

9 A. Steffen et al., "A Synthesis of Atmospheric Mercury Depletion Event Chemistry in the Atmosphere and Snow," *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2008, <http://www.atmos-chem-phys.org/8/1445/2008/acp-8-1445-2008.pdf>.

10 Jens C. Hansen et al., "Exposure of Arctic Populations to Methylmercury from Consumption of Marine Food: An Updated Risk-Benefit Assessment," *International Journal of Circumpolar Health* 64:2, 2005.

11 Laurier Poissant et al., "Critical Review of Mercury Fates and Contamination in the Arctic Tundra Ecosystem," *Science of the Total Environment* 400, 2008, 173-211.

Algunas propiedades del mercurio elemental

Propiedad	Valor
Peso atómico	200,59
Número atómico	80
Punto de fusión	-38,87°C
Punto de ebullición	356,58°C
Presión de vapor a 25°C	2×10^{-3} mm Hg
Solubilidad en agua a 25°C	20–30 µg/L
Número de registro CAS	7439-97-6
Masa	13,5336 gm/cc

3. Efectos toxicológicos del mercurio y del metilmercurio

Por lo menos desde el siglo primero de la era cristiana se sabe que el mercurio es tóxico, cuando el sabio romano Plinio describió el envenenamiento con mercurio como una enfermedad de los esclavos, observando que las minas contaminadas con vapor de mercurio eran consideradas demasiado insalubres para los ciudadanos de Roma.¹²

En la cultura popular, el envenenamiento con mercurio ha sido asociado al Sombrero Loco, un personaje del libro *Las aventuras de Alicia en el país de las maravillas*. En el siglo diecinueve, los obreros de la industria manufacturera de sombreros de Inglaterra sufrían a menudo síntomas neurológicos tales como irritabilidad, timidez, depresión, temblores y dificultad en el habla. La exposición a un compuesto de mercurio, el nitrato de mercurio —una sustancia química que en esa época se usaba en forma generalizada en la confección de sombreros de fieltro— era la causa de esos síntomas. Muchos creen que estos trabajadores envenenados fueron la fuente de la expresión habitual en lengua inglesa “mad as a hatter” [más loco que un sombrerero] e inspiraron el personaje del Sombrero Loco.¹³

La exposición ocupacional al mercurio no es solo un problema del pasado. Sigue siendo un problema actual para los trabajadores de muchas industrias, como la minería de mercurio; la producción de cloro-álcali; la fabricación de termómetros, lámparas fluorescentes, baterías y otros productos que contienen mercurio; la extracción y refinación de oro, plata, plomo, cobre y níquel; y el campo de la odontología. Quienes sufren la mayor exposición son los millones de trabajadores de la minería de oro artesanal y en pequeña escala. Estos mineros usan mercurio elemental para separar el oro de los desechos de roca, generalmente en condiciones mal controladas o no controladas en absoluto. Como resultado de ello, los mineros, sus familias y sus comunidades se hallan altamente expuestos.

¹² Encyclopedia Britannica Online, February 20, 2010, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/424257/occupational-disease>.

¹³ “NIOSH Backgrounder: Alice’s Mad Hatter and Work-Related Illness,” U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, March 2010, <http://www.cdc.gov/niosh/updates/upd-03-04-10.html>.

El sistema nervioso es muy sensible a todas las formas de mercurio. El metilmercurio y los vapores del mercurio metálico son especialmente nocivos, porque el mercurio en estas formas llega rápidamente al cerebro. La exposición a altos niveles de mercurio metálico, inorgánico u orgánico, puede dañar el cerebro y los riñones en forma permanente, y se ha observado que afecta el desarrollo del feto, incluso meses después de la exposición de la madre. Los efectos nocivos que pueden pasar de la madre al feto incluyen daño cerebral, retraso mental, ceguera, ataques, e incapacidad para hablar. Los niños envenenados con mercurio pueden desarrollar problemas en el sistema nervioso y el sistema digestivo, además de daño renal. Los adultos que han estado expuestos al mercurio tienen síntomas tales como irritabilidad, timidez, temblores, cambios en la visión o la audición y problemas de memoria. La exposición de corto plazo a altos niveles de vapores de mercurio metálico puede causar efectos tales como daño a los pulmones, náuseas, vómito, diarrea, aumento de la presión sanguínea o del pulso cardíaco, reacciones alérgicas en la piel e irritación de los ojos.¹⁴

Un documento de orientación preparado en conjunto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), indica lo siguiente:

“Los blancos primarios de la toxicidad del mercurio y de los compuestos de mercurio son el sistema nervioso, los riñones y el sistema cardiovascular. Se acepta por lo general que los sistemas correspondientes a los órganos en desarrollo (como el sistema nervioso fetal) son los más sensibles a los efectos tóxicos del mercurio. Los niveles de mercurio del cerebro del feto parecen ser significativamente más altos que los de la sangre materna, y el sistema nervioso central en desarrollo del feto es considerado actualmente como el sistema que causa la más alta preocupación, debido a que demuestra la mayor sensibilidad. Otros sistemas que pueden resultar afectados son los sistemas respiratorio, gastrointestinal, hematológico, inmunológico y reproductivo.”¹⁵

14 “ToxFAQs for Mercury,” Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1999, <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts46.html#bookmark05>.

15 “Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure,” UNEP DTIE Chemicals Branch and WHO Department of Food Safety, Zoonoses, and Foodborne Diseases, 2008, p.4., <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingmaterialToolkits/GuidanceforIdentifyingPopulationsatRisk/tabid/3616/language/en-US/Default>.

3.1 Mercurio elemental y sales de mercurio inorgánico

La gente puede envenenarse con mercurio elemental puro al inhalar los vapores de mercurio. Aproximadamente el 80 por ciento del vapor de mercurio inhalado es absorbido por el tracto respiratorio o a través de los senos nasales y luego entra al sistema circulatorio para ser distribuido por todo el cuerpo.¹⁶ La exposición crónica por inhalación, incluso a concentraciones bajas, ha demostrado causar efectos tales como temblores, disminución de la habilidad cognitiva y alteraciones del sueño en los trabajadores.¹⁷ Se pueden encontrar vapores de mercurio elemental en muchos puestos de trabajo industrial y también puede estar presente en los hospitales, consultorios de dentistas, escuelas y hogares donde se utilizan productos que contienen mercurio. La exposición por inhalación de estos vapores de mercurio constituye un riesgo importante.

Por otro lado, el mercurio elemental en forma líquida difiere de la mayoría de los compuestos de mercurio inorgánico y orgánico en que no es absorbido fácilmente por el cuerpo si alguien lo ingiere o se expone al contacto por la piel. Los datos obtenidos a partir de animales sugieren que menos del 0,01 por ciento del mercurio elemental ingerido es absorbido por el estómago y los intestinos. Son raros los casos de personas que se han envenenando al tragar mercurio elemental metálico.¹⁸

Las sales de mercurio inorgánico, por otra parte, pueden ser altamente tóxicas y corrosivas. La exposición aguda a sales de mercurio inorgánico puede causar daño corrosivo en el estómago y los intestinos y además puede ocasionar un daño renal importante. Si las sales de mercurio son ingeridas o entran en contacto con la piel, el cuerpo puede absorberlas a una tasa de alrededor del 10 por ciento de la cantidad ingerida, lo que daña los sistemas de diversos órganos, incluyendo el sistema nervioso central. La tasa a la que el cuerpo absorbe las sales de mercurio inorgánico es mucho mayor que la tasa de absorción del mercurio elemental, pero más baja que las tasas de absorción de los compuestos de mercurio orgánico tales como el

16 Artículo de Wikipedia (en inglés) sobre envenenamiento con mercurio, M.G. Cherian, J.G. Hursh, and T.W. Clarkson, "Radioactive Mercury Distribution in Biological Fluids and Excretion in Human Subjects after Inhalation of Mercury Vapor," *Archives of Environmental Health* 33, 1978: 190-214.

17 Artículo de Wikipedia (en inglés) sobre envenenamiento con mercurio, C.H. Ngim, S.C. Foo, K.W. Boey, and J. Keyaratnam, "Chronic Neurobehavioral Effects of Elemental Mercury in Dentists," *British Journal of Industrial Medicine* 49 (11), 1992; and Y.X. Liang, R.K. Sun, Z.Q. Chen, and L.H. Li, "Psychological Effects of Low Exposure to Mercury Vapor: Application of Computer-Administered Neurobehavioral Evaluation System," *Environmental Research* 60 (2), 1993: 320-327.

18 Artículo de Wikipedia (en inglés) sobre envenenamiento con mercurio, T.W. Clarkson and L. Magos, "The Toxicology of Mercury and Its Chemical Compounds," *Critical Reviews in Toxicology* 36 (8), 2006: 609-62.

metilmercurio, que cuando se ingiere es absorbido casi completamente por el estómago y los intestinos.¹⁹

3.2 Metilmercurio

El metilmercurio (CH_3Hg^+) es la forma de mercurio con mayor responsabilidad por la contaminación con mercurio de los peces y mariscos, y de las aves y mamíferos que se los comen. Cuando una persona ingiere metilmercurio, el estómago y los intestinos lo absorben en forma mucho más completa que el mercurio inorgánico.²⁰

Parece haber una cantidad de formas diferentes en que el mercurio se transforma en metilmercurio en el ambiente, y los investigadores están estudiándolas. Las bacterias que viven en aguas con bajos niveles de oxígeno en disolución llevan a cabo un importante proceso de biometilación. En aguas dulces y aguas salobres esto puede suceder en los sedimentos de los estuarios y en el fondo de los lagos.²¹ También puede formarse metilmercurio en los océanos, cuando el mercurio de la atmósfera cae sobre la superficie del océano y es transportado hasta las profundidades, donde las bacterias presentes de forma natural descomponen la materia orgánica y, al mismo tiempo, convierten el mercurio en metilmercurio.²² Una vez en el medio ambiente, el metilmercurio se bioacumula y biomagnifica a medida que los organismos más grandes se comen a los más pequeños.

A diferencia del mercurio metálico, cuando una persona ingiere alimentos contaminados con metilmercurio, el estómago y los intestinos lo absorbe y transporta rápidamente hasta el torrente sanguíneo. Desde allí entra de inmediato en el cerebro de un adulto, de un niño o de un feto en desarrollo. El metilmercurio se acumula en el cerebro y se va convirtiendo lentamente en mercurio inorgánico (elemental).²³

El año 2000, la Agencia Estadounidense de Protección Ambiental (U.S. EPA) le pidió al Consejo de Investigación de las Academias Nacionales de Ciencias e Ingeniería que realizaran un estudio sobre los efectos toxicológicos del metilmercurio. El estudio mostró que la población de

19 Barry M Diner et al., "Toxicity, Mercury," eMedicine, 2009, <http://emedicine.medscape.com/article/819872-overview>.

20 Ibid.

21 Definition of methylmercury, U.S. Geological Survey, <http://toxics.usgs.gov/definitions/methylmercury.html>.

22 *A New Source of Methylmercury Entering the Pacific Ocean*, U.S. Geological Survey, http://toxics.usgs.gov/highlights/pacific_mercury.html.

23 "Toxicological Effects of Methylmercury," The Committee on the Toxicological Effects of Methylmercury, the Board on Environmental Studies and Toxicology, and the National Research Council, 2000, p.4, http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9899#toc.

más alto riesgo de exposición al metilmercurio son los hijos de mujeres que consumieron grandes cantidades de pescado y mariscos durante o muy poco antes del embarazo. Mostró también que el riesgo para esta población probablemente es suficiente como para causar un aumento del número de niños que deben luchar para seguir en la escuela y que pueden necesitar clases de recuperación o educación especial.²⁴ Hay que destacar que los estudios muestran que cuando los niños sufren esta clase de déficits neurológicos por la exposición a contaminantes, por lo general son menos exitosos en su vida futura, de acuerdo al cálculo de los ingresos obtenidos en el curso de la vida. Tales déficits no solo dañan a los individuos expuestos y a sus familias sino que también pueden tener un impacto acumulativo en la sociedad a través del aumento de los costos de escolaridad y atención de los individuos afectados y por la disminución de la productividad nacional.²⁵

Efectos neurológicos: El sistema nervioso en desarrollo es más sensible a los efectos tóxicos del metilmercurio que el sistema nervioso desarrollado, aunque tanto el cerebro del adulto como el del feto son susceptibles.²⁶ La exposición prenatal al mercurio interfiere con el crecimiento de las neuronas en desarrollo del cerebro y otros lugares y tiene la capacidad para causar un daño irreversible al sistema nervioso central en desarrollo. Luego de la exposición asociada al consumo materno crónico de pescado, los lactantes podrían parecer normales durante los primeros meses de vida, pero más tarde podrían mostrar déficits en efectos finales neurológicos sutiles, como déficit en el CI (Cociente Intelectual), tono muscular anormal y pérdidas en la función motora, en la atención y en el desempeño visual-espacial.²⁷

El peso de la evidencia de los efectos neurotóxicos en el desarrollo debidos a la exposición al metilmercurio es fuerte. Existe una importante base de datos que incluye múltiples estudios con seres humanos y evidencia experimental con animales y pruebas in vitro. Los estudios con seres humanos incluyen evaluaciones de escenarios de exposición alta y repentina y de exposición crónica a niveles bajos.²⁸

24 Ibid., p. 9.

25 Philip Landrigan et al., "Environmental Pollutants and Disease in American Children," <http://ehp.niehs.nih.gov/members/2002/110p721-728landrigan/EHP110p721PDF.PDF>.

26 *Toxicological Effects of Methylmercury*, p. 310.

27 Ibid., p. 17.

28 Ibid., p. 326.

Enfermedad cardíaca y presión arterial alta: Los investigadores encontraron una correlación entre el consumo de pescado contaminado con metilmercurio y el riesgo de ataque cardíaco. Un estudio realizado con pescadores mostró que al comer más de 30 gramos (g) de pescado al día se duplicaba o triplicaba su riesgo de muerte por ataque cardíaco o accidente cardiovascular. También se observó el alza de la presión sanguínea en los hombres con exposición ocupacional.²⁹

Efectos sobre el sistema inmunológico: Los estudios ocupacionales sugieren que la exposición al mercurio puede afectar el sistema inmunológico de los seres humanos. Los estudios in vitro y con animales han mostrado que el mercurio puede ser tóxico para el sistema inmunológico y que la exposición prenatal al metilmercurio puede producir efectos a largo plazo en el sistema inmunológico en desarrollo. Los estudios sugieren que la exposición al metilmercurio puede aumentar la susceptibilidad humana a las enfermedades infecciosas y enfermedades autoinmunes al dañar el sistema inmunológico.³⁰

Cáncer: Dos estudios encontraron asociaciones entre la exposición al mercurio y la leucemia aguda, pero la fuerza de las conclusiones es limitada debido al pequeño tamaño de las poblaciones estudiadas y a la ausencia de control de otros factores de riesgo. También se ha asociado la exposición al mercurio con tumores renales en ratones machos, y se ha observado además que el mercurio causa daño cromosómico. A partir de los datos humanos, animales e in vitro disponibles, la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA clasificaron el metilmercurio como un posible carcinógeno humano (EPA Clase C).³¹

Efectos reproductivos: Los efectos reproductivos de la exposición al metilmercurio no han sido evaluados en forma adecuada en los seres humanos. Sin embargo, una evaluación de los síntomas clínicos y los resultados finales de más de 6.000 personas expuestas al metilmercurio durante un incidente de contaminación de trigo en Iraq mostró un descenso de la tasa de embarazos (una reducción del 79 por ciento), lo que aporta una evidencia sugestiva de un efecto del metilmercurio en la fertilidad humana. Los estudios con animales, incluyendo trabajos con primates no

29 *Toxicological Effects of Methylmercury*, p.18, 309-10.

30 *Ibid.*, p. 308.

31 *Ibid.*, p. 308.

humanos, encontraron problemas reproductivos que incluyen disminución de las tasas de concepción, pérdida temprana del feto y mortinatalidad.³²

Efectos en los riñones: Se sabe que el mercurio metálico y el metilmercurio son tóxicos para los riñones. Se observó daño renal después de la ingestión humana de formas orgánicas de mercurio a niveles de exposición que también causan efectos neurológicos. Los estudios con animales también indicaron toxicidad en los riñones inducida por el metilmercurio.³³

3.3 Impactos ambientales del metilmercurio

Los impactos ecológicos de la contaminación con metilmercurio han sido menos estudiados en detalle que su toxicidad para los seres humanos. Sabemos, sin embargo, que el metilmercurio se acumula en los peces a niveles que pueden dañar tanto a los peces como a los animales que se los comen. Las aves y los mamíferos que se alimentan de peces están por lo general más expuestos al metilmercurio que otros animales de los ecosistemas acuáticos. En forma similar, los depredadores que comen animales que se alimentan de peces también están en riesgo. De acuerdo a un informe de la EPA, se ha encontrado metilmercurio en águilas, nutrias y en panteras de La Florida que se hallan en vías de extinción, y los análisis efectuados para el informe sugieren que algunas especies de la fauna silvestre que se hallan altamente expuestas, están siendo dañadas por el metilmercurio. Los efectos de la exposición al metilmercurio en la fauna silvestre pueden incluir la muerte, reducción de la fertilidad, crecimiento más lento, además de desarrollo y pautas de conducta anormales que pueden afectar la supervivencia. Además, los niveles de metilmercurio encontrados en el ambiente pueden alterar el sistema endocrino de los peces y esto puede causar un impacto negativo en su desarrollo y reproducción.^{34,35}

En las aves, la exposición al mercurio puede interferir en la reproducción aún cuando las concentraciones en los huevos sean tan bajas como 0,05 miligramos (mg) a 2,0 miligramos por kilo (kg). Los huevos de algunas especies canadienses ya se hallan en este rango, y las concentraciones de mercurio en los huevos de varias otras especies canadienses siguen

32 Ibid., p. 309.

33 Ibid., p. 18, 309.

34 "Environmental Effects: Fate and Transport and Ecological Effects of Mercury," U.S. Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/hg/eco.htm>.

35 "Poisoning Wildlife: The Reality of Mercury Pollution," National Wildlife Federation, September 2006, <http://www.nwf.org/nwfweb-admin/binaryVault/PoisoningWildlifeMercuryPollution1.pdf>.

aumentando y ya se acercan a estos niveles. Los niveles de mercurio en las focas anilladas y las ballenas beluga del Ártico han aumentado entre dos y cuatro veces en los últimos 25 años en algunas áreas del Ártico canadiense y Groenlandia.³⁶ Hay algunos indicios de que los mamíferos marinos depredadores de aguas más tibias pueden estar en riesgo. En un estudio de la población de delfines jorobados de Hong Kong, se identificó al mercurio como un riesgo especial para la salud.³⁷

Evidencias recientes sugieren también que el mercurio es responsable de la reducción de actividad microbiológica vital para la cadena alimentaria terrestre en los suelos de amplios sectores de Europa, y potencialmente en muchas otras partes del mundo con suelos de características similares.³⁸

La elevación del nivel de las aguas asociada al cambio climático mundial también puede tener implicaciones para la metilación del mercurio y su acumulación en los peces. Por ejemplo, hay indicaciones de aumento de las formaciones de metilmercurio en lagos pequeños y tibios y en muchas áreas recientemente inundadas.³⁹

36 F. Riget, D. Muir, M. Kwan, T. Savinova, M. Nyman, V. Woshner, and T. O'Hara, "Circumpolar Pattern of Mercury and Cadmium in Ringed Seals, *Science of the Total Environment*, 2005, p. 351-52, 312-22.

37 "Global Mercury Assessment: Summary of the Report," chapter 5, UNEP, 2003, <http://www.chem.unep.ch/mercury/Report/Summary%20of%20the%20report.htm#Chapter5>.

38 Ibid.

39 Ibid.

4. Contaminación por mercurio

La enfermedad de Minamata es un padecimiento grave y a menudo mortal, causado por la exposición a altos niveles de metilmercurio. Se asocia con puntos álgidos de contaminación aguda por mercurio causada por ciertos procesos industriales y por residuos contaminados con mercurio. Sin embargo, la contaminación por mercurio también puede causar daño a la salud humana y el medio ambiente en lugares alejados de fuentes industriales u otras fuentes locales de mercurio. En todas las regiones del mundo, los peces y mariscos de estanques, arroyos, ríos, lagos y océanos generalmente están contaminados con metilmercurio en concentraciones que pueden causar déficits de salud significativos a las personas que los consumen, especialmente a las personas que dependen del pescado y los mariscos como fuente importante de proteínas.

4.1 Contaminación aguda por mercurio y enfermedad de Minamata

El ejemplo más famoso de contaminación aguda por mercurio ocurrió en unas aldeas pesqueras ubicadas en torno a la Bahía de Minamata, Japón. La empresa química Chisso, instalada cerca de la bahía, usaba sulfato de mercurio y cloruro de mercurio como catalizadores en la producción de acetaldehído y de cloruro de vinilo. Las aguas residuales de la planta eran descargadas en la Bahía de Minamata y contenían mercurio inorgánico y metilmercurio. El metilmercurio se originaba principalmente como subproducto del proceso de fabricación del acetaldehído.⁴⁰ El metilmercurio se acumuló en los peces y mariscos de la bahía y en la gente local que comía pescado y mariscos. El resultado fue un tipo de envenenamiento por mercurio que ahora se conoce como la enfermedad de Minamata.⁴¹

Los pacientes afectados por la enfermedad de Minamata se quejaban de pérdida de sensibilidad y entumecimiento en sus manos y pies. No podían correr ni caminar sin trastabillar y tenían dificultades para ver, oír y tragar. Una alta proporción de ellos murió. La enfermedad fue diagnosticada

40 "Environmental costs of mercury pollution," Lars D. Hylander et al, Science of the Total Environment, 2006. http://www.elsevier.com/authoried_subject_sections/P09/misc/STOTENbestpaper.pdf.

41 "Minamata disease," Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Minamata_disease and "The Poisoning of Minamata," Douglas Allchin, <http://www1.umn.edu/ships/ethics/minamata.htm>

por primera vez en 1956. Ya en 1959 se contaba con evidencias firmes de que la enfermedad había sido causada por las altas concentraciones de metilmercurio presentes en los peces y mariscos de la bahía.

Las descargas de mercurio de la planta Chisso en la bahía se realizaron en forma continua desde el momento en que la fábrica comenzó a usar el proceso de producción de acetaldehído en 1932, hasta 1968, cuando la fábrica discontinuó este método de producción. La producción de cloruro de vinilo, utilizando un catalizador de mercurio, continuó en la planta hasta 1971, pero después de 1968, las aguas residuales eran desviadas hasta un estanque especial.⁴²

Según una reseña reciente publicada en una revista de salud ambiental, las víctimas de Minamata tuvieron que superar rigideces legales y políticas que exigían documentación convincente antes de que se le diera una adecuada y seria consideración a su caso. A ello se sumaron los errores de la comunidad científica, cuya comprensión de la causa de los efectos inducidos por el metilmercurio en la salud estaba empañada por la confianza puesta en definiciones de caso muy estrechas y en una especiación química dudosa. Los autores del artículo destacan el hecho de que aunque desde 1952 se sabía que el metilmercurio era capaz de producir neurotoxicidad del desarrollo, a los investigadores les tomó otros 50 años comprender la vulnerabilidad del sistema nervioso en desarrollo a metales pesados como el metilmercurio. Además, las dudas normales asociadas a prácticamente toda nueva investigación sobre salud ambiental atrasaron por años el logro de un consenso científico sobre la causa de los síntomas de esas personas. Esto, a su vez, causó largas demoras antes de que la fuente de contaminación fuera finalmente detenida, y causó aún más largas demoras para que se adoptara la decisión de compensar a las víctimas.⁴³

Aunque la mayoría de las víctimas tuvo muchas dificultades al comienzo para obtener una compensación, hacia fines de 2009 ya habían sido certificadas oficialmente 2.271 víctimas, y más de 10.000 personas habían recibido una compensación financiera. Otras personas expuestas aún luchaban por una compensación adecuada.⁴⁴ En mayo de 2010, más de

42 Environmental costs of mercury pollution, citado más arriba.

43 Grandjean, P., Satoh, H., Murata, K., Eto, K., (2010). Adverse effects of methylmercury: environmental health research implications. *Environ Health Perspect* 118(8): 1137-1145 <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/lookupArticle.action?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.0901757>.

44 Information about Minamata disease can be found at the Poisoning of Minamata website, Douglas Allchin, <http://www1.umn.edu/ships/ethics/minamata.htm>.

50 años después del primer diagnóstico que se hizo de la enfermedad, el Gobierno de Japón adoptó medidas adicionales de reparación para los afectados por la enfermedad de Minamata que no habían sido reconocidos como tales y prometió mayores esfuerzos. Luego el Primer Ministro Yukio Hatoyama participó en la 54ª ceremonia anual conmemorativa de Minamata y pidió disculpas por la incapacidad del gobierno para evitar la propagación de la enfermedad, en el peor caso de contaminación industrial sufrido por el país. En su discurso expresó la esperanza de que Japón contribuirá de manera activa a la creación de un convenio internacional para prevenir futuros envenenamientos por mercurio y propuso llamarlo Convenio de Minamata.⁴⁵ En junio de 2010, durante la primera reunión del Comité Intergubernamental de Negociación para preparar un instrumento mundial jurídicamente vinculante sobre el mercurio, la delegación del Gobierno de Japón reiteró esta propuesta y ofreció ser el anfitrión de la Conferencia Diplomática que se constituirá tras las negociaciones y adoptará el nuevo convenio.

En 1965 hubo en Japón un segundo brote de la enfermedad de Minamata, localizado en la cuenca del río Agano, en la Prefectura de Niigata. Una empresa diferente de productos químicos, que producía acetaldehído usando un catalizador de sulfato de mercurio y un proceso similar, vertió sus aguas residuales en el río Agano. El gobierno japonés certificó a 690 personas como pacientes en este brote de la enfermedad.

Otro ejemplo de la enfermedad de Minamata ocurrió a inicios de la década de 1970, en Irak, cuando murieron unas 10.000 personas, aproximadamente, y otras 100.000 sufrieron daño cerebral grave y permanente luego de consumir trigo que había sido tratado con metilmercurio.⁴⁶ Otro ejemplo es el envenamiento del pueblo aborigen canadiense de Grassy Narrows, causado por descargas de mercurio de una planta de fabricación de cloro álcali y de celulosa y papel en Dryden, Ontario, entre los años 1962 y 1970.⁴⁷

Casos menos conocidos y menos dramáticos de contaminación aguda por mercurio siguen ocurriendo. Según Masazumi Harada, el mayor experto mundial en la enfermedad de Minamata: “Los ríos de la Amazonía, Canadá

45 “Hatoyama Apologizes for Minamata; At Memorial Service, Says Redress Not End of Matter,” *The Japan Times*, May 2, 2010, <http://search.japantimes.co.jp/cgi-bin/nn20100502a1.html>.

46 Arne Jernelov, “Iraq’s Secret Environmental Disasters,” <http://www.project-syndicate.org/commentary/jernelov3/English>.

47 “Grassy Narrows Protests Mercury Poisoning,” *CBC News*, April 7, 2010, <http://www.cbc.ca/canada/toronto/story/2010/04/07/tor-grassy-narrows.html>.

y China han sido afectados por envenenamiento por mercurio, pero al igual que con la enfermedad de Minamata, hay pocos pacientes que se ven enfermos de gravedad a primera vista: la gente está claramente afectada por el mercurio, pero el mercurio se encuentra en cantidades pequeñas en el cuerpo de los pacientes, o bien ellos están aún en las etapas iniciales de la enfermedad.”⁴⁸

4.2 Pescado contaminado con mercurio

La contaminación aguda por mercurio, sin embargo, es solo una parte de un problema mucho mayor. Existe una amplia contaminación por mercurio, a niveles preocupantes, en los océanos, lagos, ríos, estanques y arroyos de todas partes del mundo.

Como se indicó anteriormente, el mercurio entra por lo general en las masas de agua al caer en forma directa desde el aire y a través del drenaje de los suelos contaminados con mercurio. Al entrar en el ambiente acuático, una fracción importante del mercurio se transforma en metilmercurio por la acción de los microorganismos presentes de manera natural en esos ecosistemas. Los microorganismos son comidos por pequeños organismos acuáticos que, a su vez, son comidos por los peces y los mariscos. Luego éstos son comidos por peces más grandes, por las aves, los mamíferos y las personas.

El metilmercurio parte desde el fondo de la cadena alimentaria y luego se acumula y biomagnifica a medida que los organismos más grandes se comen a los más pequeños. Como resultado de esta biomagnificación, la concentración de metilmercurio en algunas especies de peces puede alcanzar niveles cercanos a un millón de veces 106 más grande que la concentración de base del mercurio en el agua en que viven los peces.⁴⁹

La contaminación de las masas de agua con mercurio es muy amplia. Las masas de agua ubicadas a sotavento o más abajo de fuentes altamente contaminantes con mercurio, como las grandes carboeléctricas, los hornos de cemento, las minas, los vertederos, las plantas de cloro-álcali, las fábricas de celulosa y papel y otras grandes fuentes industriales, a menudo tienen niveles especialmente altos de contaminación por mercurio. Sin embargo,

48 Asahi Shimbun, “Interview with Masazumi Harada,” Asia Network, http://www.asahi.com/english/asianet/hatsu/eng_hatsu020923f.html.

49 Health Canada, http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/mercur/q47-q56_e.html.

incluso en el Ártico, en lugares muy alejados de cualquier fuente importante de contaminación, los investigadores encontraron numerosas comunidades en donde la ingestión diaria de mercurio excede las directrices establecidas a nivel nacional, y hallaron evidencias del daño resultante en el sistema nervioso de los niños y efectos conductuales relacionados.⁵⁰ Un estudio de la Encuesta Geológica de Estados Unidos (USGS) tomó muestras de peces depredadores en los arroyos de 291 localidades a lo largo de todo el país. Los investigadores encontraron presencia de mercurio en cada uno de los peces de la muestra, y el 27 por ciento de la muestra excedía el criterio de la EPA para la salud humana de 0,3 microgramos de metilmercurio por gramo de peso húmedo.⁵¹

Muchos gobiernos difunden recomendaciones, directrices, o límites legales para la cantidad máxima de mercurio y/o metilmercurio que debe permitirse en los pescados que se venden en el mercado. Sin embargo, no todas las directrices establecidas son de cumplimiento obligatorio y muchas ONG señalan que son demasiado permisivas como para proteger adecuadamente la salud pública. En algunos casos, la industria pesquera ha logrado derrotar los esfuerzos de las agencias gubernamentales por establecer normas más estrictas, con el argumento de que esto afectaría negativamente las ventas.

La Comisión del Codex Alimentarius —un organismo establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Mundial de la Salud para establecer normas de inocuidad de los alimentos reconocidas internacionalmente— fijó niveles guía de 0,5 microgramos de metilmercurio por gramo en peces no depredadores y de 1 microgramo de metilmercurio por gramo en peces depredadores. La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) fijó un nivel de acción de 1 microgramo de metilmercurio por gramo en peces y mariscos —sustancialmente más alto que el criterio de la EPA para la salud humana. La Comunidad Europea permite 0,5 microgramos de metilmercurio por gramo en los productos pesqueros, con algunas excepciones). Japón permite hasta 0,4 microgramos de mercurio total por gramo, ó 0,3 microgramos de metilmercurio por gramo en los peces.⁵²

50 Arctic Monitoring and Assessment Programme, "Executive Summary to the Arctic Pollution 2002 Ministerial Report," <http://www.amap.no/documents/index.cfm?dirsub=/AMAP%20Assessment%202002%20-%20Human%20Health%20in%20the%20Arctic>.

51 Barbara C. Scudder et al., "Mercury in Fish, Bed Sediment, and Water from Streams Across the United States, 1998–2005," U.S. Geological Survey, 2009, <http://pubs.usgs.gov/sir/2009/5109/pdf/sir20095109.pdf>.

52 "Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure," UNEP DTIE Chemicals Branch and WHO Department of Food Safety, Zoonoses, and Foodborne Diseases, 2008, p. 4, <http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/mercuryexposure.pdf>.

La directriz de la Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos para el pescado que se comercializa es de 0,5 microgramos de mercurio total por gramo de peso húmedo, y Salud Canadá estableció una directriz de 0,2 microgramos de mercurio total por gramo de peso húmedo para los consumidores frecuentes de pescado.⁵³

En general, los grandes peces depredadores tienen los niveles más altos de metilmercurio en sus tejidos; los peces más grandes y los peces de más edad tienden a estar más contaminados que los peces pequeños y los peces más jóvenes. El metilmercurio en los peces está unido a la proteína del tejido más que al tejido graso. Por lo tanto, recortar la grasa y quitar la piel del pescado contaminado con mercurio no reduce el contenido de mercurio de la porción de filete. La cocción tampoco reduce el nivel de metilmercurio del pescado.⁵⁴

Un documento de orientación preparado conjuntamente por la EPA y la FDA afirma que casi todos los peces y mariscos contienen cantidades traza de mercurio y que algunos peces y mariscos contienen niveles que pueden dañar el sistema nervioso en desarrollo de un feto o de un niño pequeño. El riesgo, por supuesto, depende de la cantidad de pescados y mariscos consumidos y de los niveles de mercurio que estos contienen. La guía aconseja a las mujeres embarazadas, a las que están amamantando, a las mujeres que pueden quedar embarazadas y a los niños de corta edad evitar totalmente el consumo aquellas especies de pescado que por lo general contienen niveles inaceptablemente altos de mercurio, como el tiburón, el pez espada, la sierra y el blanquillo (Tilefish en inglés). Aconseja además que no coman más de 340 gramos (12 onzas) a la semana de los pescados y mariscos que son más bajos en mercurio. En promedio, esto significa que no deben comer más de dos platos de pescado a la semana. La guía sugiere finalmente que se informen a nivel local sobre la inocuidad de los pescados de la zona, y si no hay información confiable, que se limiten a solo un plato semanal de pescado de la zona.⁵⁵

El documento de orientación sugiere, sin embargo, que no se eliminen completamente de la dieta el pescado y los mariscos. Hace notar que,

53 Lyndsay Marie Doetzel, "An Investigation of the Factors Affecting Mercury Accumulation in Lake Trout, *Salvelinus Namaycush*, in Northern Canada," <http://library2.usask.ca/theses/available/etd-01022007-094934/unrestricted/LyndsayThesis.pdf>.

54 *Ibid.*, p. 8.

55 "What You Need to Know About Mercury in Fish and Shellfish: Advice for Women Who Might Become Pregnant, Women Who are Pregnant, Nursing Mothers, and Young Children," U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Environmental Protection Agency, March 2004, <http://www.epa.gov/waterscience/fish/advice/advisory.pdf>.

dejando de lado el mercurio, el pescado y los mariscos son una fuente muy nutritiva de alimentos: contienen proteína de alta calidad y otros nutrientes esenciales, son bajos en grasas saturadas y contienen ácidos grasos omega-3 que son importantes para la nutrición.⁵⁶ Los expertos en salud recomiendan a menudo elegir pescados bajos en mercurio y altos en ácidos grasos omega-3.

Desafortunadamente los consejos sobre el consumo de pescado pueden ser confusos y difíciles de seguir. Hay una gran variabilidad de los niveles de mercurio en el pescado, dependiendo de la especie, el lugar donde se pescó, su tamaño, la época del año y otras consideraciones. La elección se hace aún más complicada por el hecho de que en los países altamente industrializados, el pescado disponible en el mercado o en el menú de los restaurantes probablemente fue embarcado a medio mundo de distancia. Sin embargo, en los países ricos, la mayoría de las mujeres y los niños pueden elegir limitar su consumo de pescado a no más de dos platos a la semana y aún mantener una dieta nutritiva, reemplazando el pescado por otros alimentos ricos en proteínas. No obstante, hay muchas personas en el mundo para las cuales la restricción del consumo de pescado puede no ser una opción realista.

En países industrializados, como Estados Unidos, Canadá y otros, algunos pueblos indígenas y algunas personas pobres capturan sus propios peces y mariscos (y en algunos casos, aves y mamíferos que comen peces) y dependen de estos alimentos como su principal fuente de proteínas. A menudo no pueden costear, o no tienen acceso por otros motivos a alimentos alternativos, buenos y nutritivos. En el mundo en desarrollo es aún más grande el número de personas que depende del pescado. Las personas que viven en islas, en regiones costeras, a lo largo de vías navegables interiores y en otros lugares, con frecuencia tienen dietas tradicionales altamente dependientes del pescado en lo que se refiere a la nutrición. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima⁵⁷ que el pescado proporciona a más de 2.900 millones de personas al menos el 15 por ciento de su ingesta promedio per cápita de proteína animal. Además, el pescado, en promedio, proporciona el 50 por ciento o más del consumo de proteína animal a las personas que viven en algunos pequeños Estados insulares en desarrollo y también en

56 Ibid.

57 "The State of World Fisheries and Aquaculture," Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008, p. 9, 61. [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e.pdf](http://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e.pdf).

Bangladesh, Cambodia, Guinea Ecuatorial, Guyana Francesa, Gambia, Ghana, Indonesia y Sierra Leona. La FAO señala que el pescado proporciona casi el 8 por ciento del consumo de proteína animal en América del Norte y América Central, más del 11 por ciento en Europa, alrededor del 19 por ciento en África y casi el 21 por ciento en Asia. (No se proporcionaron cifras consolidadas de consumo de pescado en América del Sur.) El informe destaca también que probablemente el consumo real sea considerablemente más alto que las cifras entregadas, debido a que las estadísticas oficiales no registran la contribución de la pesca de subsistencia.

Aun considerando los impactos negativos para la salud derivados del consumo de grandes cantidades de pescado y mariscos contaminados con mercurio, hay mucha gente para la cual la restricción severa del consumo de pescado puede ser una mala elección o ni siquiera una elección posible. Hay quienes no pueden reducir su consumo de pescado sin verse enfrentados al hambre o a la inanición. Para otros, los principales alimentos sustitutos disponibles para reemplazar el pescado son altos en azúcares y bajos en proteínas. Restringir el consumo de pescado en favor de tales alimentos puede conducir a un aumento de la obesidad, la diabetes, las enfermedades cardíacas y otras enfermedades. Para las comunidades con acceso limitado a alimentos alternativos que sean nutritivos, los beneficios del consumo de pescado para la salud pueden, al hacer un balance, ser mayores que los riesgos asociados a la exposición al mercurio. Los miembros de esas comunidades seguirán sufriendo las consecuencias para su salud derivadas de la exposición al metilmercurio hasta que las medidas que se adopten a nivel internacional logren reducir de manera significativa la contaminación por mercurio en los peces. Esto, a su vez, no tiene posibilidades de ocurrir sin la adopción e implementación efectiva de un convenio amplio de control del mercurio. Por otro lado, muchos pueblos indígenas y otros grupos tienen importantes razones culturales y sociales para seguir comiendo sus alimentos tradicionales.

Impactos del mercurio en los pueblos del Ártico

Las personas que viven en la región ártica, especialmente los pueblos indígenas, son especialmente vulnerables a la exposición al mercurio. El clima no les permite cultivar granos o vegetales, que son los alimentos básicos de la dieta en otras partes del mundo. Debido a que a menudo viven en lugares remotos, los alimentos comprados en las tiendas suelen ser prohibitivamente caros, especialmente los alimentos saludables,

perecibles. Por lo tanto solo les queda la opción de sobrevivir con una dieta que no solo contiene mucho pescado, sino también mamíferos y aves que comen pescado. La vida de los pueblos indígenas del Ártico que residen en las regiones del extremo norte de los países altamente industrializados es similar en muchas formas a la vida de mucha gente del mundo en desarrollo.

El pueblo Inuit vive en la costa ártica del norte de Canadá, en Groenlandia, en Alaska (Estados Unidos) y en Chukotka (Rusia). El alimento básico de su dieta tradicional son los mamíferos marinos. Un estudio sobre la exposición al mercurio en niños preescolares Inuit que viven en Nunavut, Canadá, constató que casi el 60 por ciento de ellos ingiere mercurio en cantidades que exceden el nivel de ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) para los niños, establecido por la Organización Mundial de la Salud en 1998. Este ISPT es de 1,6 microgramos de metilmercurio por kilo de peso corporal a la semana. El 33,37 por ciento de esta ingesta de mercurio provenía de comer muktuk (esperma y piel) de las ballenas beluga; el 25,90 por ciento venía de comer muktuk de narval; el 14,71 por ciento venía de comer carne de caribú; y el 4,59 por ciento, de comer carne de foca anillada. Estas fuentes constituían más del 95 por ciento de la ingesta total de mercurio de los niños.⁵⁸

Hay otros pueblos indígenas del Ártico que también han sido impactados en forma desproporcionada por la exposición al metilmercurio. Las aldeas en las que vive las comunidades del pueblo Athabascan se encuentran esparcidas por todo el Ártico de América del Norte, especialmente a lo largo de los grandes ríos. La caza con trampas, la cacería y la pesca siguen siendo de mucha importancia para su subsistencia. En el verano, las familias suelen dejar la aldea para irse a grandes campamentos de pesca.⁵⁹ La forma de supervivencia tradicional del pueblo Sami de Noruega, Suecia, Finlandia y la Península de Kola, en Rusia, incluye el pastoreo de renos, la pesca en aguas costeras, la caza de pieles y el pastoreo de ovejas.⁶⁰ Se ha sugerido que los episodios de agotamiento del mercurio en la atmósfera durante el amanecer polar, que causa la deposición de grandes cantidades de compuestos de mercurio biodisponible en la tundra ártica, amplifica la presencia de mercurio en la red alimentaria de la tundra. Es este modo, además de la contaminación con metilmercurio del medio ambiente acuático, contribuye a acumulaciones importantes de metilmercurio en los alimentos tradicionales de estos y otros pueblos del Ártico.⁶¹

4.3 Arroz contaminado con mercurio

Hay estudios recientes sobre la contaminación por mercurio en algunas regiones del interior de China en donde la mayoría de los habitantes consume poco pescado, pero vive en áreas en las cuales se liberan cantidades considerables de mercurio en el medioambiente.⁶² Los investigadores

58 "Mercury Hair Concentrations and Dietary Exposure Among Inuit Preschool Children

in Nunavut, Canada," Tian W. et al, *Environ Int.* 2010, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20673686>

59 Tricia Brown, *Athabascan*, LitSite Alaska, <http://www.litsite.org/index.cfm?section=Digital-Archives&page=People-of-the-North&cat=Native-Peoples&viewpost=2&ContentId=2648>.

60 Artículo de Wikipedia (en inglés) sobre el pueblo Sami, http://en.wikipedia.org/wiki/Sami_people.

61 "Critical Review of Mercury Fates and Contamination in the Arctic Tundra Ecosystem," citado más arriba.

62 Hua Zhang et al., "In Inland China, Rice Rather Than Fish Is the Major Pathway for Methylmercury Exposure," *Environmental*

notaron que el suelo de los arrozales es un ambiente apropiado para el tipo de bacteria que transforma el mercurio en metilmercurio. Por lo tanto consideraron la posibilidad de que el metilmercurio producido en el suelo de los arrozales podría ser absorbido por las plantas de arroz. El estudio observó a los habitantes rurales que comen principalmente productos agrícolas y concluyó que el 95 por ciento de la exposición total al metilmercurio entre estas personas provenía del arroz.

En la mayoría de las personas estudiadas, la exposición al metilmercurio por el consumo de arroz era baja comparada con la que actualmente se considera una ingesta semanal tolerable, y los investigadores concluyeron que estas personas probablemente enfrentan un riesgo menor. Sin embargo, algunas de las personas estudiadas residían en un área cercana a minas de mercurio. Su exposición al metilmercurio por el consumo de arroz superaba altamente lo que se considera una ingesta semanal tolerable y se consideró que existía un riesgo potencial para la salud de estas personas.

Los autores notaron que el arroz no contiene ciertos micronutrientes que se hallan presentes en el pescado —micronutrientes que mejoran el neurodesarrollo y que posiblemente compensan algunos de los daños causados por la exposición al mercurio. Los investigadores llegaron a la conclusión de que las directrices actuales sobre contaminación por metilmercurio basadas en el consumo de pescado pueden ser inadecuadas para proteger a las personas cuya exposición al metilmercurio proviene de una dieta a base de arroz. Pidieron por lo tanto que se realicen nuevas investigaciones sobre los impactos para la salud en las mujeres embarazadas que están expuestas a dosis bajas de metilmercurio por consumir arroz.

Los autores del estudio destacan la urgencia de esta preocupación, haciendo notar que el arroz es el alimento básico principal de más de la mitad de la población del mundo. Tan solo en Asia, más de 2 mil millones de personas obtienen del arroz y sus subproductos hasta un 70 por ciento de su energía alimentaria diaria. Concluyen por lo tanto los autores que deben realizarse urgentemente investigaciones relacionadas con estos aspectos no solo en China sino también en otros países y regiones, como la India, Indonesia, Bangladesh y las Filipinas, que producen un porcentaje importante del arroz del mundo y donde el arroz es un alimento básico.⁶³

Health Perspectives, April 2010, <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/fetchArticle.action;jsessionid=F7154FD5C22DD646D5200FC587451A05?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.1001915>.

63 Ibid.

5. Cómo entra el mercurio en el medio ambiente

El mercurio entra en el medio ambiente en varias formas distintas. Parte del mercurio entra al medio ambiente a través de procesos naturales, como las erupciones volcánicas, la actividad geotérmica y la erosión de las rocas que contienen mercurio. Sin embargo, la mayor parte del mercurio que existe en la actualidad en el medio ambiente entró en él como resultado de la actividad humana. Las actividades humanas que liberan mercurio en el ambiente se llaman fuentes antropogénicas de mercurio. Cuando el mercurio ya se encuentra en el medio ambiente acuático o terrestre, puede volatilizarse y reentrar en la atmósfera.

Las fuentes antropogénicas de mercurio caen dentro de tres amplias categorías:

Fuentes intencionales: Estas fuentes surgen cuando se toma intencionalmente la decisión de crear un producto que contiene mercurio o de operar un proceso que utiliza mercurio. Entre los ejemplos de productos que contienen mercurio o un compuesto de mercurio se hallan las lámparas fluorescentes, algunos termómetros, baterías e interruptores, y otros productos similares. Un proceso no industrial que usa mercurio es la minería en pequeña escala, en donde el mercurio elemental se usa para capturar el oro de la mezcla de rocas trituradas, de los sedimentos, del suelo o de otras partículas. Entre los ejemplos de procesos industriales están las plantas de fabricación de productos químicos que usan compuestos de mercurio como catalizadores, especialmente en la producción del monómero de cloruro de vinilo, y algunas plantas de cloro-álcali que usan piscinas de mercurio elemental como cátodo para la electrolisis.

Fuentes no intencionales: Estas fuentes surgen de actividades que queman o procesan combustibles fósiles, menas o minerales que contienen mercurio como una impureza no deseada. Ejemplo de ello son las carbóelctricas, los hornos de cemento, la extracción y refinación de minerales metálicos y la extracción de combustibles fósiles, como carbón,

petróleo, esquistos bituminosos y arenas bituminosas. Los incineradores y los rellenos sanitarios que se utilizan para eliminar productos y residuos con mercurio al término de su uso, también liberan mercurio en el medio ambiente y hay quienes los colocan en la categoría de fuentes no intencionales.

Actividades de remobilización: Estas fuentes surgen de las actividades humanas que queman o despejan bosques o que inundan grandes áreas. La biomasa y los suelos superficiales orgánicos de los bosques habitualmente contienen mercurio que ha caído desde el aire. La quema o el despeje de bosques —especialmente bosques boreales o tropicales— libera grandes cantidades de este mercurio, que retorna al aire.⁶⁴ Los grandes proyectos de represas inundan vastas áreas y esto permite que el mercurio que ha quedado atrapado en la biomasa y en los suelos superficiales pueda convertirse con mayor facilidad en metilmercurio y entrar en la cadena alimentaria acuática.⁶⁵ Las represas más pequeñas, que causan fluctuaciones en el nivel de las aguas del entorno, también pueden significar un problema. El metilmercurio puede ser producido por las bacterias que florecen en las riberas que quedan alternativamente expuestas al aire o cubiertas por las aguas cuando las represas pequeñas abren o cierran sus compuertas.⁶⁶

Los investigadores han tratado de calcular la cantidad total de mercurio liberada en el medio ambiente por las distintas categorías de fuentes antropogénicas. Los datos con los que cuentan estos investigadores, sin embargo, son incompletos e inexactos. Resulta especialmente difícil distinguir entre una fuente natural de mercurio (el mercurio entra en el medio ambiente a partir de la actividad volcánica o la erosión de las rocas) y la removilización y reemisión del mercurio que entró originalmente en el medio ambiente desde una fuente antropogénica y se depositó posteriormente en el agua o sobre la tierra.

A causa de esta dificultad, la mayoría de los cálculos estimados sobre las fuentes naturales de mercurio en la atmósfera en realidad incluyen en sus totales las reemisiones del mercurio que había entrado previamente al medio ambiente como resultado de actividades humanas.⁶⁷ Esto abulta

64 "Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment," AMAP and UNEP, 2008, p. 7, http://www.chem.unep.ch/mercury/Atmospheric_Emissions/Technical_background_report.pdf.

65 "James Bay Dam, Electricity, and Impacts," The Global Classroom, American University, <http://www1.american.edu/ted/james.htm>.

66 Kristen Fountain, "Study Links Mercury to Local Dams, Plants," *Valley News*, 2007, <http://www.briloon.org/pub/media/ValleyNews1.10.07.pdf>.

67 N. Pirrone et al., "Global Mercury Emissions to the Atmosphere from Anthropogenic and Natural Sources," *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2010, <http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/10/4719/2010/acpd-10-4719-2010-print.pdf>.

muchos de los cálculos que se han publicado sobre la cantidad de mercurio en el ambiente mundial proveniente de fuentes naturales y sin que exista la intención de hacerlo, favorece la impresión de que la liberación de mercurio en el medio ambiente por los volcanes y por la erosión de las rocas contribuye al mercurio total en la atmósfera, a nivel mundial, en forma mucho mayor a la real. Si las reemisiones de mercurio que originalmente entraron en el medio ambiente como resultado de actividades humanas fueran contabilizadas como contribuyentes al total de las emisiones atmosféricas de mercurio a nivel mundial, el cálculo del total de emisiones antropogénicas de mercurio en la atmósfera probablemente sería bastante más alto que los cálculos que actualmente se publican.

También es difícil calcular el porcentaje de contaminación mundial por mercurio que proviene de distintas fuentes antropogénicas. El informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) “Global Atmospheric Mercury Assessment”⁶⁸ [“Evaluación mundial del mercurio en la atmósfera: fuentes, emisiones y transporte”] identifica diversas actividades humanas que liberan mercurio en el medio ambiente y entrega datos de emisiones para muchas de ellas. Con frecuencia, estos datos de emisiones son citados como un indicador de la proporción de la contaminación mundial por mercurio que proviene de estas distintas fuentes. Así, por ejemplo, se repite con frecuencia que la quema de combustibles fósiles —principalmente carbón— es la mayor fuente de contaminación por mercurio y es responsable del 45 por ciento de todas las emisiones de mercurio a nivel mundial provenientes de fuentes antropogénicas; que la minería de oro artesanal y en pequeña escala (MAPE de oro) es la segunda mayor fuente de contaminación por mercurio y es responsable de un 18 por ciento, aproximadamente, de las emisiones, y así sucesivamente.⁶⁹

Sin embargo, estos y otros cálculos estimados de las emisiones de mercurio provenientes de diversas fuentes pueden ser mal interpretados. Esto se debe a que el cálculo de las emisiones en la atmósfera se basa solamente en las mediciones del mercurio liberado directamente en el aire y no toma en cuenta la liberación de mercurio en los residuos, en los suelos y en el agua, pese a que mucho de este mercurio se volatilizará posteriormente y

68 “The Global Atmospheric Mercury Assessment: Sources, Emissions and Transfers,” UNEP Chemicals Branch, 2008, http://www.chem.unep.ch/mercury/Atmospheric_Emissions/UNEP%20SUMMARY%20REPORT%20-%20CORRECTED%20May09%20%20final%20for%20WEB%202008.pdf.

69 Ibid.

entrará en el aire. Estos cálculos tampoco toman en cuenta otras emisiones de mercurio relacionadas con la fuente y que no han sido medidas. La liberación real de mercurio desde una fuente puede ser mucho más alta que las emisiones de mercurio reportadas para esa fuente.

Los datos estimados de emisiones pueden ser mal interpretados

El porcentaje de emisiones en el aire a nivel mundial que provienen de una fuente determinada se usa a menudo como un indicador de la cantidad de contaminación por mercurio en el mundo que viene de esa fuente. Así, por ejemplo, cuando leemos que los combustibles fósiles quemados son responsables del 45 por ciento de todas las emisiones de mercurio en el aire a nivel mundial desde fuentes antropogénicas, resulta natural concluir que el 45 por ciento del problema de la contaminación mundial por mercurio proviene de la quema de combustibles fósiles. Pero esta conclusión puede ser engañosa, por numerosas razones:

- 1) Hay algunas fuentes de emisiones de mercurio en el aire sobre las que existen muy pocos o ningún dato. La contribución de estas fuentes a las emisiones mundiales de mercurio en el aire puede estar enormemente subestimada.
- 2) Es más fácil medir la cantidad de emisiones de mercurio a la atmósfera desde unas fuentes que desde otras. La contribución a las emisiones mundiales de mercurio en el aire desde fuentes difíciles de medir puede estar subestimada.
- 3) Algunas fuentes de mercurio tales como el mercurio contenido en los productos tienen un ciclo de vida complicado. Puede resultar difícil incorporar totalmente las emisiones de mercurio en el aire que ocurren en todas las etapas del ciclo de vida del producto al cálculo de las emisiones asociadas a estas fuentes.
- 4) Algunas fuentes de mercurio liberan grandes cantidades de mercurio en los suelos, el agua y los residuos. Por lo general, la liberación de mercurio en estos medios no aparece contribuyendo al total mundial de emisiones en el aire. Sin embargo, el mercurio liberado en medios que no son el aire contaminará frecuentemente los ecosistemas acuáticos y contribuirá a la contaminación total por mercurio a nivel mundial. Además, gran parte del mercurio liberado en estos medios, se volatilizará posteriormente y entrará en el aire. Puede resultar difícil incorporar de manera completa estas emisiones secundarias al cálculo de emisiones mundiales en el aire asociadas a la fuente original.

Un ejemplo extremo de fuentes subestimadas es la producción del monómero de cloruro de vinilo (MCV). Parece no haber datos disponibles sobre emisiones de mercurio en el aire a partir de la producción de MCV. Por lo tanto, las emisiones mundiales de mercurio en el aire a partir de la producción de MCV se cuentan como cero en el

cálculo total del PNUMA de emisiones antropogénicas de mercurio en la atmósfera de 1.930 toneladas métricas.⁷⁰ Y sin embargo se usa más mercurio en la producción del monómero de cloruro de vinilo que en la mayoría de otras fuentes intencionales. Hay buenas razones de sentido común para suponer que la producción de MCV es un contribuyente importante a la contaminación mundial por mercurio. Sin embargo, si se utilizaran los cálculos de emisión mundial del PNUMA como indicador, podría llegarse a la obviamente falsa conclusión de que la producción de MCV tiene una contribución cero a la contaminación mundial total por mercurio.

La conclusión de que la minería de oro artesanal y en pequeña escala contribuye con el 18 por ciento de las emisiones antropogénicas de mercurio se basa en los cálculos del PNUMA de que la suma de todas las emisiones antropogénicas de mercurio en la atmósfera es de 1.930 toneladas métricas al año y que las actividades de la MAPE de oro generan 350 toneladas métricas de esas emisiones de mercurio. Sin embargo, el informe que aporta estos datos también calcula que las actividades de la MAPE de oro consumen 806 toneladas métricas de mercurio al año.⁷¹ Por lo tanto hay que tomar en consideración el destino del resto del mercurio consumido por las actividades de la MAPE de oro (las 456 toneladas métricas faltantes).

Una parte de este total puede ser recuperado. (Pero la mayor parte del mercurio recuperado en las actividades de la MAPE de oro sería reutilizado por los mineros y probablemente no aparecería en los cálculos de consumo de mercurio por ese sector). Una fracción muy grande de las 850 toneladas de mercurio consumido por las actividades de la MAPE de oro casi con certeza es liberada en el medio ambiente. La mayor parte de lo que no está incluido en los cálculos oficiales de emisiones en el aire es liberada en el agua, sobre la tierra, en los residuos, o simplemente se desconoce su destino. Gran parte de ella será reenviada posteriormente a la atmósfera, desde el agua o la tierra, aunque es posible que no toda sea contabilizada como emisiones atmosféricas. Esto sugiere que aquella parte de la contaminación mundial por mercurio proveniente de las actividades de la MAPE de oro es probablemente muy superior a la que sugiere el 18 por ciento que se cita con tanta frecuencia.

De igual modo, las emisiones en el aire asociadas a la mayoría de las otras fuentes que usan mercurio en forma intencional son relativamente pequeñas comparadas con la cantidad de mercurio que se estima que estas fuentes consumen, como lo muestra el siguiente cuadro del informe del PNUMA titulado "Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment" (Informe de Antecedentes Técnicos de la Evaluación Mundial del Mercurio en la Atmósfera):

Comparación entre el consumo estimado de mercurio a nivel mundial y las emisiones atmosféricas estimadas de mercurio a nivel mundial, por categoría de fuente⁷²

70 Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment, citado más arriba

71 The Global Atmospheric Mercury Assessment: Sources, Emissions and Transfers, citado más arriba

72 Los datos del cuadro corresponden al Technical Background Report citado más arriba.

Categoría de fuente	Consumo estimado de mercurio a nivel mundial, en toneladas métricas	Emisiones atmosféricas estimadas de mercurio a nivel mundial, en toneladas métricas
MAPE de oro	806	350
Fabricación de monómero de cloruro de vinilo	770	00
Plantas de cloro-álcali	492	60
Baterías	370	20
Amalgama dental	362	26
Instrumentos de medición y control	350	33
Alumbrado	135	13
Instrumentos eléctricos	200	26
Otros	313	29
Total	3,798	557

Una vez que ha sido consumido el mercurio, es razonable suponer que se va a algún lado. En algunos casos, sin duda, una parte del mercurio consumido se recupera o recicla más tarde, o es eliminada en forma responsable. Estas cantidades pueden y deben ser cuantificadas. En general, sin embargo, hay que suponer que el mercurio que ha sido consumido y sobre el cual no se han entregado datos, contribuye a la contaminación mundial total por mercurio.

Se estima que un 65 por ciento (aproximadamente 1.250 toneladas métricas) de las 1.930 toneladas métricas que el PNUMA calcula como el total anual de todas las emisiones antropogénicas de mercurio en la atmósfera, proviene de solo tres fuentes que no usan mercurio en forma intencional: el 45 por ciento corresponde al uso de combustibles fósiles, el 20 por ciento a la producción de metales (excluido el oro) y un 10 por ciento a la producción de cemento.⁷³ En contraste con ello, el PNUMA calcula que solo 557 toneladas métricas de emisiones de mercurio se liberan en la atmósfera desde fuentes que usan mercurio en forma intencional. Sin embargo, los informes señalan que los productos y procesos que usan mercurio intencionalmente consumen unas 3.800 toneladas métricas de mercurio al año. Esto sugiere que solo el 15 por ciento del mercurio consumido por estas fuentes intencionales es liberado en la atmósfera. ¿Cuál es el destino del 85 por ciento restante? Es indudable que una buena parte de él entra en el medio ambiente y contribuye a la contaminación mundial por mercurio.

73 "The Global Atmospheric Mercury Assessment," UNEP, citado más arriba.

Por ejemplo, cuando una batería, una bombilla fluorescente o algún otro producto que contiene mercurio va a parar a un vertedero o a un relleno sanitario, gran parte de su contenido de mercurio se libera con el tiempo en el aire y en otros medios ambientales. Cuando es quemado o incinerado, el contenido de mercurio puede liberarse con mayor rapidez, ya que es difícil de capturar incluso con filtros modernos. Las plantas que fabrican cloro-álcali y MCV (monómero de cloruro de vinilo) ciertamente liberan también mucho más mercurio en el medio ambiente del que sugieren los cálculos oficiales de emisiones en el aire.

La mayor parte del mercurio consumido por fuentes intencionales termina casi con seguridad en el medio ambiente, y mucho de este mercurio termina circulando en la atmósfera del mundo. La única forma de hallarle sentido a los datos existentes sobre emisiones antropogénicas de mercurio es concluir que la liberación ambiental de mercurio desde fuentes intencionales es un contribuyente mucho mayor a la contaminación mundial por mercurio que lo que pueden sugerir únicamente los datos sobre emisiones aportados por el PNUMA. Por lo demás, dado que muchos de los datos del PNUMA provienen de fuentes gubernamentales y reflejan la forma en que la mayoría de los gobiernos recoge los datos sobre emisiones de mercurio en el aire y otras emisiones en el medio ambiente, sería oportuno que las ONG examinaran en forma crítica los datos sobre emisión y liberación de mercurio difundidos y utilizados por sus gobiernos nacionales.

6. La oferta de mercurio

Prácticamente todos los productos o los procesos que contienen o usan mercurio o compuestos de mercurio dependen del acceso a un suministro de mercurio elemental.

6.1 Minería de mercurio

Desde los tiempos antiguos, la gente ha extraído un mineral natural de color rojo o café rojizo llamado cinabrio, que contiene cantidades elevadas de sulfuro de mercurio. Las primeras minas de cinabrio de que se tiene noticia comenzaron a operar hace más de 3.000 años en los Andes peruanos. Ya en 1400 AC, el mineral de cinabrio se extraía de minas cercanas a la actual ciudad de Huancavélica, Perú. El mineral se molía para hacer un pigmento rojo conocido como bermellón. La minería de cinabrio comenzó en ese lugar mucho antes del surgimiento de la civilización inca y continuó durante la época moderna. El bermellón era usado por los incas y otras antiguas civilizaciones de la región con el fin de recubrir el cuerpo humano para fines ceremoniales y también para decorar objetos de oro, tales como máscaras funerarias.⁷⁴ El bermellón producido a partir del cinabrio también era conocido en la antigua China y en la India. Se usaba además, en la antigua Roma, para colorear el rostro de los generales triunfantes.⁷⁵

Se puede producir mercurio elemental a partir del cinabrio, calentando el mineral en presencia de aire y luego condensando el mercurio elemental contenido en el vapor.* El conocimiento de este proceso data por lo menos desde el año 200 A.C., y los antiguos griegos, romanos, chinos e hindúes sabían cómo producir mercurio elemental de esta forma.⁷⁶ También hay evidencias que sugieren que los incas aprendieron a producir mercurio elemental de esta forma antes de su primer contacto con los europeos.⁷⁷

Las mayores reservas de mineral de cinabrio que se conocen en el mundo se localizan en la mina de Almadén, de España. Las operaciones de extracción

74 John Roach, "Mercury Pollution's Oldest Traces Found in Peru," National Geographic News, May 18, 2009, <http://news.nationalgeographic.com/news/2009/05/090518-oldest-pollution-missions.html>.

75 Artículo de Wikipedia (en inglés) sobre el bermellón, <http://en.wikipedia.org/wiki/Vermilion>.

76 "Mercury: Element of the Ancients," Dartmouth Toxic Metals Research Program, <http://www.dartmouth.edu/~toxmetal/metals/stories/mercury.html>.

77 "Mercury Pollution's Oldest Traces Found in Peru," citado más arriba.

y refinación comenzaron en ese lugar hace más de 2.000 años. El mercurio de la mina de Almadén era utilizado por los antiguos fenicios y cartagineses, y después por los romanos, para amalgamar y concentrar el oro y la plata. El autor romano Plinio fue el primero en hacer una detallada descripción de este proceso en su libro *Historia Natural*.⁷⁸

Existe información disponible sobre la operación de la mina de Almadén y de otras minas durante los últimos cinco siglos. Desde el año 1500 DC se ha producido aproximadamente un millón de toneladas métricas de mercurio elemental a partir del cinabrio y de otros minerales extraídos en Almadén y otros lugares. Más de la mitad —aproximadamente 500.000 toneladas— ya se habían producido antes de 1925. Los embarques de mercurio desde España, para su uso en la minería de plata o de oro en las colonias españolas de América, se realizaron durante 250 años. La mayor parte de ese mercurio fue llevada a lugares existentes en el México de hoy.⁷⁹

La minería de oro y plata en los primeros siglos

Entre los siglos dieciséis y dieciocho el mercurio se usó sobre todo para la producción de plata y oro en América Latina, y ese uso liberó enormes cantidades de mercurio en el medio ambiente mundial. La mayoría de esa plata y ese oro se envió por barco a España y Portugal, donde contribuyó de manera importantísima a la rápida expansión económica de Europa Occidental.

El siglo diecinueve fue testigo del gran auge de la minería de mercurio en América del Norte, para responder a la demanda creada por la fiebre del oro en California y luego en el norte de Canadá y en Alaska. Esta producción de oro contribuyó de manera importante a la expansión económica de América de Norte. También se dio un auge del oro en Australia y en otros países. Grandes cantidades de mercurio provenientes de la minería de oro y plata de siglos anteriores permanecen hoy en el medio ambiente y continúan siendo una fuente de daños.^{80,81}

Las operaciones de extracción de minerales de mercurio y su refinación para obtener mercurio elemental liberan una gran cantidad de vapor de mercurio en el aire y son por lo tanto una fuente directa e importante de contaminación por mercurio. Un estudio comprobó que las concentraciones

78 Luis D. deLarcera, "Mercury from gold and silver mining: a chemical time bomb?" Springer 1998

79 Hylander, L.D. Meili, M., (2003). 500 years of mercury production: global annual inventory by region until 2000 and associated emissions. *The Science of The Total Environment* 304(1-3): 13-27, http://www.zeromercury.org/library/Reports%20General/0202%20Hg500y_STE03Larsgleobalemissions.pdf.

80 Charles N. Alpers et al., "Mercury Contamination from Historical Gold Mining in California," U.S. Geological Survey fact sheet, 2005, <http://pubs.usgs.gov/fs/2005/3014/>.

81 B.M. Bycroft et al., "Mercury Contamination of the Lerderberg River, Victoria, Australia, from an Abandoned Gold Field," *Environmental Pollution, Series A, Ecological and Biological*, Volume 28, Issue 2, June 1982.

en torno a una mina de mercurio abandonada, en China, tenían magnitudes de varios órdenes más altas que las de fondo en sitios de la región.⁸² Un estudio sobre la exposición humana al mercurio por consumo de arroz producido en un distrito cercano a minas y fundiciones de mercurio, encontró una alta exposición, comparada incluso con distritos cercanos a fundiciones de zinc y a industrias con fuerte dependencia del carbón.⁸³ Investigadores de California midieron cantidades significativas de mercurio que se escurría hacia un arroyo que pasaba junto a una mina de mercurio abandonada desde hacía mucho tiempo. Esto y los resultados preliminares del entorno de otras minas, indican que las minas de mercurio que ya no están en operación son fuentes muy importantes de contaminación por mercurio de las masas de agua, las que a su vez siguen siendo también fuentes de emisión de mercurio en la atmósfera.⁸⁴

En estos últimos años se ha cerrado la mayor parte de las minas primarias de mercurio del mundo, debido a la caída de la demanda de mercurio elemental. Ha habido también presiones ambientales para cerrar las minas. La última mina de mercurio de Estados Unidos cerró en 1990; una gran mina de mercurio cerca de Idrija, Eslovenia, cerró en 1995, y la mina de Almadén, en España, paró la extracción y procesamiento de minerales primarios de mercurio en 2003. Actualmente no hay minas primarias de mercurio en operación en América del Norte o en Europa Occidental y no se espera que ninguna reinicie faenas. La mayoría de las otras minas de mercurio del mundo también han cerrado, incluyendo una mina muy grande en Argelia, que parece haber cesado sus operaciones a fines de 2004.^{85,86}

Según la Encuesta Geológica de Estados Unidos (USGS), gran parte de la minería primaria de mercurio se realiza actualmente en solo dos países: China y Kirguistán. En 2009, las minas de China produjeron 800 toneladas métricas de mercurio y se calcula que las minas de Kirguistán produjeron 250 toneladas métricas.⁸⁷ Según el Gobierno chino, las exportaciones de

82 "Mercury Pollution in a Mining Area of Guizhou, China," *Toxicological & Environmental Chemistry*, 1998, <http://www.informa-world.com/smpp/content-db=all-content=a902600843>.

83 Hua Zhang et al., "In Inland China, Rice Rather Than Fish Is the Major Pathway for Methylmercury Exposure," *Environmental Health Perspectives*, April, 2010, <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/fechArticle.action?sessionId=F7154FD5C22DD646D5200FC587451A05?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.1001915>.

84 Tim Stevens, "Inoperative Mercury Mines Fingered as a Major Source of Mercury Contamination in California Waters," *U.C. Santa Cruz Currents*, 2000, <http://www.ucsc.edu/currents/00-01/11-06/pollution.html>.

85 "500 Years of Mercury Production," citado más arriba.

86 "Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury," UNEP, 2006, <http://www.chem.unep.ch/mercury/HgSupplyTradeDemandJM.pdf>.

87 Mercury Statistics and Information, U.S. Geological Survey, 2010, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mcs-2010-mercu.pdf>.

mercurio desde China son muy bajas y la mayor parte de su producción de mercurio se usa dentro del país.⁸⁸ Por otro lado, el complejo minero de Khaidarkan, en Kirguistán, produce principalmente para la exportación.⁸⁹ La USGS calcula que la producción total de mercurio en 2009 en todos los demás países es de 130 toneladas métricas en conjunto.⁹⁰

6.2 La producción de mercurio elemental como subproducto de la refinación de metales no ferrosos.

El mercurio elemental se produce también, algunas veces, como subproducto de la refinación de diversos minerales metálicos. Se encuentran cantidades traza de mercurio en la mayoría de los minerales metálicos no ferrosos, como el zinc, el cobre, el plomo, el oro, la plata y otros. Hasta hace poco, el contenido de mercurio de estos minerales se liberaba en el ambiente como parte de los flujos de residuos generados durante la extracción y la refinación. En años recientes, sin embargo, algunas refinerías han comenzado a recuperar el mercurio contenido en los residuos y a producir mercurio elemental para la venta en los mercados locales o internacionales.⁹¹

Muchos productores que decidieron proceder de ese modo lo hicieron debido a la exigencia de cumplir con las leyes o reglamentos nacionales, estatales o provinciales. En otros casos, es posible que a los productores se les haya exigido cumplir con las leyes o reglamentos relativos a la eliminación de los residuos de mercurio y pueden haber llegado a la conclusión de que es menos costoso recuperar el mercurio elemental de sus residuos y venderlos, que eliminar sus residuos de mercurio conforme a los métodos de eliminación aprobados.

Por ejemplo, actualmente operan en el mundo aproximadamente 35 sistemas de control de contaminación que eliminan el mercurio de los gases de combustión de las fundiciones de zinc.⁹² Unas cuantas operaciones mineras de oro en gran escala en América del Sur y América del Norte recuperan el mercurio elemental de sus residuos y lo venden. De acuerdo con una estimación muy cautelosa, en 2005 las refinerías de zinc, oro,

88 "Mercury Situation in China," documento presentado por el Gobierno chino al Grupo de Trabajo de composición abierta del PNUMA sobre el mercurio, http://www.chem.unep.ch/Mercury/OEWG1/China_response.pdf.

89 "Summary of Supply, Trade and Demand," UNEP, citado más arriba.

90 Mercury Statistics and Information, U.S. Geological Survey, citada más arriba.

91 "Summary of Supply, Trade and Demand," UNEP, citado más arriba.

92 Ibid.

cobre, plomo y plata recuperaron aproximadamente entre 300 y 400 toneladas métricas de mercurio a nivel mundial.⁹³ Este cálculo no incluye un gran contrato entre la Federación Rusa y las instalaciones para la extracción y refinación de mercurio en Kaidarkan, Kirguistán. Conforme a este contrato, los depósitos de residuos contaminados con mercurio provenientes de una gran fundición de zinc y de otras fuentes rusas serán transportados a Kirguistán para su refinación. Se ha calculado que de esos residuos se recuperarán aproximadamente 2.000 toneladas métricas de mercurio elemental, que luego se venderán.⁹⁴

6.3 Mercurio elemental en el gas natural

El gas natural también contiene cantidades traza de mercurio que se liberan en el medio ambiente al quemarse el gas. En algunas regiones—incluyendo países junto al Mar del Norte, Argelia, Croacia y otros— las concentraciones de mercurio en el gas son especialmente altas y los procesadores en esas regiones frecuentemente recuperan mercurio de ese gas. Se calcula que anualmente se recuperan entre 20 y 30 toneladas métricas de mercurio de los residuos de gas natural de la Unión Europea.⁹⁵ Al parecer no hay datos disponibles sobre el mercurio recuperado del gas natural en otras regiones.

Los productores de gas natural líquido (GNL) eliminan el mercurio del gas natural antes de enfriarlo. De otra forma, el mercurio presente en el gas dañaría los intercambiadores de calor utilizados en las plantas de licuefacción de gas natural. Por lo general esto implica reducir el contenido de mercurio del gas natural a menos de 0,01 microgramos de mercurio por metro cúbico normal de gas natural. A revisar los materiales promocionales de los fabricantes de equipos para eliminar el mercurio del gas natural, pareciera que la razón principal para adquirir estos equipos es la protección de los equipos usados en los procesos finales de las plantas de licuefacción y producción de sustancias químicas. Fuera de Europa Occidental, parece ser que estas tecnologías no se usan en forma habitual para eliminar el mercurio del gas natural que se vende para uso residencial en calefacción y cocina o para hornos y calderas comerciales e industriales.⁹⁶ Se sabe poco sobre los efectos de este mercurio en los consumidores corrientes de gas natural o

93 Ibid.

94 Ibid.

95 Ibid.

96 Giacomo Corvini et al., "Mercury Removal from Natural Gas and Liquid Streams," UOP LLC, <http://www.uop.com/objects/87MercuryRemoval.pdf>.

sobre su contribución a la contaminación atmosférica total por mercurio a nivel mundial.

Un proveedor de equipos para la eliminación del mercurio del gas natural a fin de proteger los equipos de licuefacción indica que en su experiencia analítica reciente, los niveles de mercurio del gas natural varían desde niveles inferiores a los detectables, hasta 120 microgramos de mercurio por metro cúbico normal. El proveedor aporta como ejemplo típico el caso de una planta de un lugar no identificado, pero claramente fuera de la Unión Europea. En ese complejo, el contenido de gas de mercurio entrante fluctuaba entre 25 y 50 microgramos de mercurio por metro cúbico normal de gas natural, en tanto que el contenido de mercurio del gas saliente había quedado reducido a límites inferiores a los detectables. El mercurio se retira del gas natural con adsorbentes registrados. Los adsorbentes son regenerados posteriormente y el mercurio elemental se recupera en una forma que según la empresa tecnológica es apropiada para su venta en el mercado.⁹⁷ Sin embargo, fuera de Europa Occidental, el mercurio elemental que se recupera mediante estas tecnologías para ser puesto en venta no parece estar reflejado en los datos disponibles sobre la oferta de mercurio a nivel internacional.

6.4 Reciclaje y recuperación del mercurio

La mayor parte del mercurio elemental que se recupera a través del reciclaje proviene de procesos industriales que usan mercurio o compuestos de mercurio. En algunos casos, el mercurio recuperado es reutilizado por el sector industrial. En otros casos, sale al mercado. Y en algunos casos se han logrado acuerdos para sacar del mercado el mercurio recuperado y ponerlo en almacenamiento permanente.

La mayor fuente de mercurio reciclado o recuperado es la industria del cloro-álcali. Este sector produce gas de cloro y álcali (hidróxido de sodio) mediante un proceso que aplica electrolisis al agua salada. Algunas plantas de cloro-álcali usan un proceso de celdas de mercurio en el cual el mercurio se utiliza como el cátodo para la electrolisis.⁹⁸ Las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio consumen grandes cantidades de mercurio y son muy contaminantes. Afortunadamente, la tendencia de los últimos años ha sido la eliminación gradual de muchas de estas plantas para favorecer otros procesos que no usan mercurio.

⁹⁷ Ibid.

⁹⁸ Se puede encontrar una descripción de este proceso en http://en.wikipedia.org/wiki/Castner-Kellner_process.

Una sola planta que use tecnología con celdas de mercurio puede contener cientos de toneladas de mercurio elemental para la producción y puede tener aún más mercurio en sus bodegas para reponer el mercurio perdido. Cuando una planta con tecnología de celdas de mercurio queda fuera de servicio, es posible recuperar mucho de ese mercurio. En conformidad con un acuerdo voluntario, las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio de Europa Occidental están siendo eliminadas gradualmente, con fecha final acordada para el año 2020. Un estudio realizado en 2004 que examinó el cierre de las plantas de cloro-álcali que usan tecnología de celdas de mercurio concluyó que entre 1980 y 2000 se recuperaron cerca de 6.000 toneladas de mercurio de las celdas de mercurio que quedaron fuera de servicio. El estudio calculó que en 2004 había aproximadamente 25.000 toneladas de existencias de inventario de mercurio asociadas a plantas de cloro-álcali que aún operaban, alrededor de la mitad de ellas en Europa Occidental.⁹⁹ En abril de 2010, una asociación industrial europea afirmó que había 39 plantas de cloro-álcali aún operativas en 14 países europeos, y que en conjunto contenían 8.200 toneladas métricas de mercurio elemental.¹⁰⁰

Las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio que están en funcionamiento, a veces también recuperan mercurio de sus flujos de residuos. Se calcula que en 2005 se recuperaron, a nivel mundial, entre 90 y 140 toneladas métricas de mercurio en las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio que aún funcionan.¹⁰¹

El otro tipo de manufactura que utiliza y recicla grandes cantidades de mercurio es la producción de monómero de cloruro de vinilo para elaborar cloruro de polivinilo, en la cual el cloruro mercúrico se usa como catalizador. En la mayoría de los países no se utiliza este proceso. Sin embargo, se cree que existen cuatro instalaciones de este tipo operando en la Federación Rusa, y más de 60 operando en China. No se sabe si hay instalaciones similares operativas en otros países.¹⁰²

Se calcula que los catalizadores usados en un año en las plantas chinas contienen 610 toneladas métricas de mercurio. En 2004 la industria calculó

99 "Mercury Flows in Europe and the World: The Impact of Decommissioned Chlor-Alkali Plants," European Commission Directorate General for Environment, 2004, <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/report.pdf>.

100 "Storage of Mercury: Euro Chlor View," Euro Chlor, April, 2010, <http://www.eurochlor.org/news/detail/index.asp?id=325&npage=1&archive=1>.

101 "Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury," UNEP, 2006, p. 32, <http://www.chem.unep.ch/mercury/HgSupplyTradeDemandJM.pdf>.

102 Ibid.

que reciclaba casi la mitad del mercurio contenido originalmente en sus catalizadores (290 toneladas), pero no entregó información sobre el destino de la otra mitad.¹⁰³

El mercurio elemental puede ser recuperado mediante una gestión adecuada de los productos con mercurio al final de su ciclo de vida, como los termómetros que contienen mercurio, la amalgama dental, los interruptores, las lámparas fluorescentes y otros artículos similares. También puede recuperarse de los residuos contaminados con mercurio que generan las plantas que fabrican productos que contienen mercurio, que usan mercurio en sus procesos de producción o que queman o procesan combustibles o minerales contaminados con mercurio.

6.5 La necesidad de reducir la oferta de mercurio

Entre 1991 y 2003, el precio del mercurio se estabilizó en su nivel real más bajo de todo un siglo, entre US\$4 y US\$5 por kilo.¹⁰⁴ Últimamente los precios del mercurio han subido en forma notable. Al momento de redactar este material, el precio al contado de un frasco de mercurio en el mercado de Londres oscilaba entre US\$1.250 y US\$ 1.450.¹⁰⁵ Esto se tradujo en un precio por kilo de mercurio que fluctúa entre US\$36 y US\$42, lo que constituye un aumento significativo frente a los bajos precios de hace pocos años. Las razones de este aumento del precio del mercurio son poco claras. El aumento parece reflejar una reducción de la oferta de mercurio, basada en el cierre de minas de mercurio y en las medidas adoptadas por algunos gobiernos para restringir las exportaciones de mercurio. Puede reflejar un aumento de la demanda de mercurio entre los mineros de oro artesanales o en pequeña escala, en la medida en que el precio del oro sigue elevándose. También puede reflejar un acaparamiento por parte de los comerciantes de mercurio que anticipan la próxima adopción de un convenio mundial de control del mercurio que restringirá la oferta futura de mercurio. Lo más probable es que estén interviniendo los tres factores mencionados.

Los altos precios del mercurio van a desincentivar algunos usos del mercurio y facilitarán la implementación de sustitutos y alternativas que eliminen o minimicen el uso de mercurio. Por lo tanto, los objetivos de un convenio mundial de control del mercurio se facilitan si el precio es lo

103 Ibid.

104 "Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury," UNEP, cited above.

105 Minor Metal Prices, MinorMetals.com, September 21, 2010, <http://www.minormetals.com>.

suficientemente alto para desalentar la demanda de mercurio. Sin embargo, algunas características de los regímenes de control del mercurio podrían tener como consecuencia la creación de nuevas o más amplias fuentes de mercurio. En la medida en que los gobiernos imponen controles más estrictos sobre las emisiones de mercurio y sobre la eliminación de los productos y residuos contaminados con mercurio, se van a crear incentivos para los refinadores de metales, los recicladores y otros, para recuperar el mercurio elemental de los flujos de residuos y de los combustibles fósiles y colocar en el mercado este mercurio recién recuperado. Al mismo tiempo, un convenio mundial de control del mercurio puede contribuir también a la disminución de la demanda mundial de mercurio al prohibir, eliminar progresivamente o reducir muchos de los usos actuales del mercurio. Finalmente, aunque es posible que haya actualmente algún nivel de acaparamiento de existencias de mercurio por parte de los comerciantes, en anticipación de una futura escasez de la oferta, se trata probablemente de un fenómeno de corto plazo. Por estas razones, el precio del mercurio podría caer nuevamente, por falta de intervenciones específicas que garanticen que la oferta mundial de mercurio tiene y seguirá teniendo relación con la demanda mundial.

Para contribuir al manejo de la situación, la Unión Europea adoptó un reglamento que entrará en vigencia en marzo de 2011. Este reglamento prohíbe las exportaciones de mercurio metálico, mineral de cinabrio, cloruro de mercurio, óxido de mercurio y mezclas de mercurio metálico con otras sustancias desde la Unión Europea. El reglamento prohíbe también la producción primaria de mercurio elemental a partir de minerales de cinabrio en todos los países de la Unión Europea. Además clasifica como residuos todo el mercurio metálico recuperado de las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio, al igual que el mercurio que se obtiene de las operaciones de extracción y fundición de metales no ferrosos y de la depuración del gas natural. La clasificación de este mercurio como residuos significa que el mercurio derivado de estas fuentes en los países de la Unión Europea no puede ser vendido ni utilizado, sino que debe eliminarse en una forma que sea segura para la salud humana y el medio ambiente.¹⁰⁶

106 Regulation (EC) No. 1102/2008 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2008 on the banning of exports of metallic mercury and certain mercury compounds and mixtures and the safe storage of metallic mercury [Reglamento (CE) N° 1102/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 22 de octubre de 2008, relativo a la prohibición de la exportación de mercurio metálico y ciertos compuestos y mezclas de mercurio y al almacenamiento seguro de mercurio metálico]; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:304:0075:01:EN:HTML>.

Estados Unidos también aprobó una ley relativa a las exportaciones de mercurio. Esta ley se hará efectiva en 2014. Prohibirá, con algunas excepciones, las exportaciones de mercurio elemental desde Estados Unidos y exigirá que se establezca una instalación designada para la gestión y almacenamiento a largo plazo del mercurio generado dentro de Estados Unidos.¹⁰⁷

Estas medidas de la Unión Europea y de Estados Unidos van en una dirección muy positiva. Un nuevo convenio mundial de control del mercurio debe tomar como base estas medidas e imponer restricciones progresivas a nivel mundial sobre el suministro de mercurio con relación a la demanda. El convenio debe prohibir toda la minería primaria de mercurio y la producción de mercurio elemental a partir de minerales de cinabrio. Debe prohibir o restringir la venta del mercurio recuperado de las plantas de cloro-álcali, de la minería y refinado de metales, de los catalizadores industriales, de la depuración del gas natural y de otras fuentes. Además, el convenio debe incluir medidas que proporcionen apoyo financiero y técnico para que se establezcan lugares de almacenamiento seguro, con carácter permanente y a nivel regional, o instalaciones ambientalmente adecuadas para la eliminación, en todas las regiones, del mercurio elemental y también de los residuos que contengan mercurio.

¹⁰⁷ "Mercury Export Ban Act of 2008," Global Legal Information Network, <http://www.glin.gov/view.action?glinID=71491>.

7. Fuentes intencionales: el mercurio en los productos

Numerosos productos corrientes contienen mercurio o compuestos de mercurio. Durante la fabricación de estos productos, es frecuente que se libere mercurio en el aire (tanto dentro como fuera del lugar de trabajo) y también se libera a menudo como contaminante de los flujos de residuos sólidos y líquidos. Durante su uso corriente, los productos que contienen mercurio con frecuencia se rompen o bien liberan de alguna otra forma su contenido de mercurio en el medio ambiente. Y luego, al término de su vida útil, únicamente una fracción de todos los productos que contienen mercurio llega hasta los recicladores que se encargan de recuperar su contenido de mercurio. Frecuentemente los productos que se encuentran al término de su ciclo de vida van a parar a incineradores, a rellenos sanitarios o a vertederos. Dependiendo de las medidas de control de la contaminación del aire que se utilicen, los incineradores pueden liberar rápidamente en el aire el contenido de mercurio de estos productos fuera de uso. Los rellenos sanitarios y los vertederos liberan también en el aire gran parte del contenido de mercurio de estos productos, pero tienden a hacerlos más lentamente. De una u otra forma, gran parte del contenido de mercurio de los productos encuentra eventualmente la vía para entrar en el medio ambiente.

7.1 El mercurio de los instrumentos médicos

En hospitales y centros de atención de salud se han usado durante muchísimo tiempo instrumentos que contienen mercurio. Entre ellos están los termómetros para medir la fiebre, los instrumentos para medir la presión sanguínea (esfigmomanómetros) y los dilatadores esofágicos.

Cuanto estos instrumentos se rompen, el mercurio que contienen puede vaporizarse y exponer a los trabajadores de la salud y a los pacientes. El mercurio que escapa a causa de estas rupturas puede contaminar el área inmediata al derrame y también las descargas de aguas residuales del establecimiento. La ruptura de estos equipos es algo común. Los hospitales que usan termómetros de mercurio para medir la fiebre informan

frecuentemente que reemplazan múltiples termómetros al año por cada cama hospitalaria. Una encuesta reportó que en un hospital de 250 camas, en un solo año se rompieron 4.700 termómetros de mercurio para medir la fiebre.¹⁰⁸

Cada termómetro de mercurio para medir la fiebre contiene entre 0,5 g y 3 g de mercurio,¹⁰⁹ mientras que un instrumento de mercurio para medir la presión sanguínea contiene por lo general entre 100 g y 200 g de mercurio.¹¹⁰ Un dilatador esofágico es un tubo largo y flexible que se desliza por la garganta de un paciente hacia el esófago, para ciertos procedimientos médicos. Aunque no son tan comunes como los termómetros para medir la fiebre y los instrumentos para medir la presión sanguínea, cada dilatador puede contener hasta un kilo de mercurio.¹¹¹

Muchos países ya cuentan con una amplia disponibilidad de alternativas buenas y a precios asequibles para los termómetros para medir la fiebre, los instrumentos para medir la presión sanguínea y los dilatadores esofágicos y se están haciendo esfuerzos para eliminar gradualmente los instrumentos para el cuidado de la salud que contienen mercurio. La red internacional de Salud sin Daño (SSD ó HCWH por su sigla en inglés) es una ONG que tiene un rol destacado en muchos de estos esfuerzos.¹¹² Junto con la Organización Mundial de la Salud (OMS), SSD encabeza una iniciativa mundial para conseguir la eliminación virtual de los termómetros y esfigmomanómetros a base de mercurio y sustituirlos por alternativas de precisión y económicamente viables hacia el año 2020. Esta iniciativa mantiene un sitio web conjunto OMS/SSD y es un componente reconocido del programa del PNUMA denominado Asociación Mundial sobre el Mercurio.¹¹³

En 2007, el Parlamento Europeo aprobó leyes que prohibirán la venta en la Unión Europea de nuevos termómetros de mercurio para la fiebre y restringirán además la venta de otros instrumentos de medición que

108 "Market Analysis of Some Mercury-Containing Products and Their Mercury-Free Alternatives in Selected Regions," Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, 2010, <http://www.ipen.org/ipenweb/documents/ipen%20documents/grs253.pdf>.

109 "Thermometers and Thermostats," Environment Canada, <http://www.ec.gc.ca/mercure-mercury/default.asp?lang=En&n=AFE7D1A3-1#Fever>.

110 Sphygmomanometers, Local Governments for Health and the Environment, <http://www.lhwmp.org/home/mercury/medical/sphygmom.aspx>.

111 "Mercury Legacy Products: Hospital Equipment," Northeast Waste Management Officials' Association, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/healthcare.cfm#es>.

112 The Health Care Without Harm website is <http://www.noharm.org/>.

113 See "The Global Movement for Mercury-Free Health Care," Healthcare Without Harm, 2007, http://noharm.org/lib/downloads/mercury/Global_Mvmt_Mercury-Free.pdf.

contengan mercurio.¹¹⁴ Varios países europeos, entre ellos Suecia, Holanda y Dinamarca, ya prohibieron el uso de termómetros, instrumentos de medición de la presión sanguínea y una variedad de otros equipos que usan mercurio. En Estados Unidos, trece gobiernos estatales dictaron leyes que prohíben los termómetros de mercurio y miles de hospitales, farmacias y compradores de instrumentos médicos cambiaron voluntariamente los instrumentos que contienen mercurio por termómetros digitales y por instrumentos aneroides y digitales para medir la presión sanguínea.¹¹⁵ En 2008, el Ministerio de Salud de Filipinas emitió una orden administrativa para exigir la eliminación gradual de los termómetros de mercurio en todas las instalaciones de salud del país.¹¹⁶ En Argentina, el ministro de Salud firmó una resolución, en 2009, con instrucciones para que todos los hospitales y centros de salud del país adquieran termómetros e instrumentos para medir la presión sanguínea que no contengan mercurio.¹¹⁷

Sin embargo, en la mayoría de los países en desarrollo y países con economías en transición, el reemplazo de los instrumentos médicos que contienen mercurio ha sido más lento. En algunos lugares hay poca conciencia de la necesidad de efectuar este cambio. No obstante, aunque crezca la conciencia de la necesidad de eliminar gradualmente los instrumentos para el cuidado de la salud que contengan mercurio, quedan tres importantes barreras que salvar:

- La desconfianza de las alternativas libres de mercurio por parte de algunos profesionales de la salud
- Una oferta inadecuada de instrumentos libres de mercurio que sean precisos y tengan precios asequibles
- La falta de programas nacionales, regionales o mundiales de fijación de estándares y de certificación de instrumentos, para garantizar que los instrumentos disponibles en el mercado nacional cumplan con los criterios aceptados en materia de precisión y comportamiento

Como estrategia de largo plazo, la OMS apoya acciones encaminadas a la prohibición del uso de instrumentos médicos que contengan mercurio y a su reemplazo por alternativas eficaces, libres de mercurio, en todos los

114 "EU Ban on Mercury Measuring Instruments," U.K. Office of the European Parliament, 2007, <http://www.europarl.org.uk/section/2007-archive/eu-ban-mercury-measuring-instruments>.

115 "The Global Movement for Mercury-Free Health Care," Healthcare Without Harm, citado más arriba.

116 Environmental Health News, June 21, 2010, <http://www.noharm.org/seasia/news/>.

117 "Argentina Ministry of Health Issues Resolution Ending Purchase of Mercury Thermometers and Sphygmomanometers in the Country's Hospitals," February 24, 2009, http://www.noharm.org/global/news_hcwh/2009/feb/hcwh2009-02-24b.php.

países. A corto plazo, la OMS incentiva a los países que tienen acceso a alternativas asequibles a desarrollar y poner en práctica planes para reducir el uso de equipos de mercurio y reemplazarlos por alternativas. En el intertanto, la OMS incentiva también a los hospitales para que desarrollen procedimientos de limpieza, manejo de residuos y almacenamiento de mercurio.¹¹⁸ Un convenio mundial de control del mercurio puede contribuir a acelerar y completar la eliminación total de los instrumentos que contienen mercurio en todo el mundo.

7.2 Interruptores que contienen mercurio

Varios tipos de interruptores eléctricos contienen mercurio. Entre ellos están los interruptores de inclinación, los interruptores de flotador, los termostatos, los relés (relevadores) que controlan circuitos electrónicos, y otros.¹¹⁹ En 2004, por ejemplo, en Estados Unidos se vendieron interruptores, termostatos y relés nuevos que contenían aproximadamente 46,5 toneladas métricas de mercurio elemental.¹²⁰ Existen buenas alternativas para prácticamente todos ellos.

Dos directivas de la Unión Europea que entraron en vigencia en 2005 y 2006 prohíben la venta en los países europeos de interruptores y termostatos que contengan mercurio: WEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) [Equipo eléctrico y electrónico de desecho] y RoHS (Restrictions in the Use of Hazardous Substances) [Restricciones en el Uso de Sustancias Peligrosas].¹²¹ Varios gobiernos estatales de Estados Unidos también aprobaron leyes que prohíben los interruptores y termostatos que contienen mercurio. En respuesta a estas medidas, muchos fabricantes reemplazaron estos interruptores con alternativas libres de mercurio. Como resultado de ello, ha ido declinando con rapidez la cantidad de interruptores con mercurio que se venden en América del Norte y en Europa Occidental. Existe menos información sobre las tendencias relativas al uso de interruptores que contienen mercurio en los países en desarrollo y los países con economías en transición.

118 "Mercury in Health Care," WHO Division of Water Sanitation and Health, http://www.who.int/water_sanitation_health/medical-waste/mercury/en.

119 "What Devices Contain Mercury?" U.S. EPA Software for Environmental Awareness, Purdue University, <http://www.purdue.edu/envirosoft/mercbuild/src/devicepage.htm>.

120 "Mercury Use in Switches and Relays," Northeast Waste Management Officials' Association (NEWMOA), 2008, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/switches.cfm>. (Nota: Los pesos indicados en libras en el original fueron convertidos a toneladas métricas.)

121 "Understanding RoHS," the ABB Group, 2006, [http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot209.nsf/VerityDisplay/32F49F4B89A16FF4852573A300799DB4/\\$File/1SXU000048G0201.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot209.nsf/VerityDisplay/32F49F4B89A16FF4852573A300799DB4/$File/1SXU000048G0201.pdf).

Interrupidores de inclinación: Son interruptores que contienen pequeños tubos con contactos eléctricos en una punta. Cuando la punta del tubo con el contacto eléctrico está inclinada hacia abajo, el mercurio fluye hacia esa punta y cierra el circuito. Cuando esa punta del tubo está inclinada hacia arriba, el circuito está cortado.¹²²

Los interruptores de inclinación se han usado habitualmente en los automóviles para controlar las luces de los portamaletas y en otros lugares. Cada interruptor contiene 1,2 gramos de mercurio elemental como promedio. Se calcula que en 2001 los automóviles que circulaban por las carreteras de Estados Unidos contenían 250 millones de interruptores de inclinación.¹²³ En años recientes, casi todos los fabricantes de automóviles dejaron de poner interruptores de inclinación en los vehículos nuevos. Suecia prohibió los interruptores de inclinación en los automóviles a comienzos de la década de 1990. Los fabricantes de automóviles europeos respondieron descontinuoando prácticamente todo el uso de interruptores de inclinación con mercurio en 1993. Los fabricantes de automóviles estadounidenses les siguieron en 2002.¹²⁴ Y al parecer, prácticamente todos los fabricantes de automóviles del mundo han descontinuado su uso. Muchos vehículos más antiguos, sin embargo, aún contienen interruptores con mercurio que, a menos que sean retirados y eliminados en forma apropiada, liberarán mercurio en el medio ambiente cuando los vehículos sean desarmados.

Los interruptores de inclinación también se han utilizado en muchos otros productos, aunque su uso se ha hecho menos frecuente en los últimos años. Entre estos productos se encuentran las lavadoras, secadoras de ropa, congeladores, planchas de ropa, calefactores, equipos de televisión, interruptores de control de límite para ventiladores de horno, sistemas de seguridad y de alarma de incendio, zapatos infantiles novedosos con luces parpadeantes, y muchos otros.¹²⁵ Los interruptores de inclinación se utilizan además en aplicaciones industriales en donde un único interruptor puede contener hasta 3,6 kilos de mercurio elemental.¹²⁶ A veces se utilizan interruptores de mercurio muy sensibles en giroscopios y horizontes artificiales, especialmente en aplicaciones aeroespaciales y militares.¹²⁷

122 Ibid.

123 "Reducing and Recycling Mercury Switch, Thermostats and Vehicle Components," Illinois Environmental Protection Agency, 2005, <http://www.epa.state.il.us/mercury/iepa-mercury-report.pdf>.

124 Ibid.

125 "Table of Products That May Contain Mercury and Recommended Management Options," U.S. EPA, <http://www.epa.gov/wastes/hazard/tsd/mercury/con-prod.htm>.

126 "Mercury Use in Switches and Relays," NEWMOA citado más arriba.

127 "Mercury Gyro Sensors," Polaron Components, <http://www.coopercontrol.com/components/mercury-gyro.htm>.

Interrupidores de flotador: Se utilizan comúnmente para hacer funcionar bombas y controlar el nivel de un líquido. Un interruptor de flotador es un flotador redondo o cilíndrico con un interruptor unido a él. El interruptor opera una bomba y la enciende o apaga cuando el flotador se levanta sobre, o se hunde bajo, una altura determinada.¹²⁸ Un interruptor de flotador individual puede contener apenas 100 mg de mercurio o tanto como 67 g. Los interruptores de flotador pequeños se usan en las bombas de sumideros para evitar que se inunden los sótanos. Los de mayor tamaño se utilizan en los sistemas municipales de alcantarillado, también se usan como controles para bombas de irrigación, y en muchas aplicaciones industriales. Existen alternativas disponibles, a precios similares, para los interruptores de flotador.¹²⁹

Termostatos: Se utilizan en el hogar y en otros lugares para controlar los artefactos de calefacción o enfriamiento. Hasta hace poco, la mayoría de los termostatos contenía mercurio. Los termostatos de mercurio tienen espirales bimetalicas que se contraen y expanden con la temperatura ambiente.

Cuando la espiral se contrae o se expande, activa un interruptor de mercurio y abre o cierra un circuito que hace que un horno, bomba de calor o acondicionador de aire se encienda o se apague. La cantidad promedio de mercurio de un termostato residencial análogo es de aproximadamente 4 g. Los termostatos industriales pueden contener mucho más mercurio.¹³⁰

En los últimos años, muchos fabricantes reemplazaron los termostatos que contenían mercurio por termostatos electromecánicos o digitales libres de mercurio. En Estados Unidos, por ejemplo, el contenido de mercurio de los nuevos termostatos vendidos en 2004 (13,1 toneladas métricas) no se diferenció mucho del contenido de mercurio de los nuevos termostatos vendidos en 2001 (13,25 toneladas métricas). Hacia el año 2007, sin embargo, hubo casi un 75 por ciento de reducción del contenido de mercurio de los nuevos termostatos vendidos (3,5 toneladas métricas).¹³¹ Los termostatos que contenían mercurio fueron reemplazados en gran parte por termostatos electrónicos programables, que se pagan muy rápido con el ahorro de energía que aportan al cliente. Es necesario asegurarse de que

128 "What Devices Contain Mercury," citado más arriba.

129 "Mercury Use in Switches and Relays," NEWMOA citado más arriba.

130 "Fact Sheet: Mercury Use in Thermostats," Interstate Mercury Education and Reduction Clearinghouse (IMERC), 2010, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/thermostats.pdf>.

131 Ibid.

cuando se instalan termostatos electrónicos en reemplazo de termostatos de mercurio, los termostatos antiguos sean manejados en forma adecuada.

Relés que contienen mercurio: Son dispositivos que abren o cierran contactos eléctricos para controlar otros dispositivos. Los relés se usan con frecuencia para conectar o desconectar grandes cargas de corriente eléctrica, al aportar corrientes relativamente pequeñas a un circuito de control. Entre los relés que contienen mercurio están los relés de desplazamiento de mercurio, los relés con lengüeta de contacto sumergida en mercurio y los relés de contacto de mercurio.¹³²

Los relés se usan comúnmente en una variedad de productos y aplicaciones. El mercado mundial de relés en 2001 llegó a US\$ 4.658 millones en ingresos. Los principales usuarios de relés son las industrias de telecomunicaciones, transporte y automatización industrial. Los relés se encuentran en las computadoras notebook y en las fuentes de alimentación para computadoras, en copiadoras, cargadores de baterías, calefactores y hornos, hornos industriales, faroles del alumbrado público y señales de tránsito, equipo quirúrgico y máquinas de rayos X, equipos aeronáuticos, voltímetros y ohmetros, controles para las herramientas eléctricas, equipo para minería, calefactores de piscinas, máquinas para depuración en seco, tableros de circuitos eléctricos, controladores lógicos programables y muchas otras aplicaciones.¹³³ En 2004, los nuevos relés que salieron al mercado en Estados Unidos contenían 16,9 toneladas métricas de mercurio.¹³⁴

Existen muchos tipos de interruptores y relés que contienen mercurio, aparte de los descritos arriba. Entre ellos están los interruptores de presión y temperatura, interruptores sensibles a las llamas, interruptores de lengüeta, interruptores de vibración y otros. La mayor parte de la información disponible sobre interruptores que contienen mercurio proviene de América del Norte y Europa Occidental, donde este tipo de interruptores está siendo reemplado en su mayor parte por alternativas libres de mercurio. No hay buena información que permita saber si se han iniciado tendencias similares en otras regiones.

132 "Mercury Use in Switches and Relays," NEWMOA citado más arriba.

133 "An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products," Lowell Center for Sustainable Production, 2003, <http://sustainableproduction.org/downloads/An%20Investigation%20Hg.pdf>.

134 "Mercury Use in Switches and Relays," NEWMOA citado más arriba.

Gran parte del mercurio contenido en los interruptores de los productos y equipos existentes entrará eventualmente en el medio ambiente a menos que se tomen medidas para recuperar este mercurio. Lamentablemente, la tendencia actual es que los países altamente industrializados embarquen sus residuos electrónicos hacia zonas de bajos salarios del mundo en desarrollo, donde la mayoría de las instalaciones de procesamiento de residuos son mal administradas y gestionadas y a menudo crean problemas de contaminación a nivel local. Un convenio mundial sobre el mercurio puede rectificar este problema al acelerar el proceso de eliminación gradual de los interruptores y relés que contienen mercurio y exigir o promover una mejor gestión de los productos y equipos electrónicos al final de su vida útil.

7.3 El mercurio en las pilas y baterías

El uso principal del mercurio en las pilas y baterías es el de prevenir la acumulación de gas de hidrógeno que hace que la batería se hinche y gotee. También se ha utilizado el mercurio como electrodo en las baterías de óxido de mercurio. En Estados Unidos, hasta inicios de la década de 1980, el uso principal del mercurio era la fabricación de baterías; esta industria consumía más de 900 toneladas métricas de mercurio al año. Hacia 1993, muchos fabricantes de baterías ya estaban vendiendo baterías alcalinas libres de mercurio para la mayoría de los usos, y hacia 1996, éstas se transformaron en la norma nacional para la mayoría de los usos de las baterías, luego de la adopción de una ley federal sobre baterías con contenido de mercurio. Los países de Europa Occidental implantaron restricciones similares. A nivel mundial, sin embargo, el mercurio siguió utilizándose extensamente en la producción de baterías; según los informes, las baterías fueron responsables de alrededor de un tercio de la demanda total mundial de mercurio en el año 2000.¹³⁵

Según un informe de la Unión Europea, el contenido total de mercurio de las baterías vendidas en Estados Unidos y en los países de la Unión Europea en el año 2000 fue de 31 toneladas métricas. Ese mismo año, el contenido de mercurio de las baterías vendidas en el resto del mundo fue de 1.050 toneladas métricas.¹³⁶ Un cálculo más reciente, incluido en el informe del PNUMA “Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury” [Resumen de la información sobre oferta, comercio y demanda

135 “Mercury: Consumer and Commercial Products,” U.S. EPA, <http://www.epa.gov/hg/consumer.htm#bat>.

136 “Mercury Flows in Europe and the World,” citado más arriba.

de mercurio], sugiere que el contenido de mercurio de las nuevas baterías vendidas a nivel mundial en 2005 descendió hasta una cifra que oscila entre 300 y 600 toneladas métricas.¹³⁷

Las pilas con el mayor contenido de mercurio son las pilas de óxido de mercurio, que tienen un 40 por ciento de mercurio por peso. Estas pilas son apreciadas por tener una densidad de alta energía y una curva de voltaje plana y se han utilizado en aplicaciones tales como audífonos para sordera, relojes, calculadoras, cámaras electrónicas, instrumentos de precisión e instrumentos médicos.¹³⁸ Sin embargo no hemos podido encontrar evidencia de que las pequeñas pilas de óxido de mercurio se sigan produciendo en alguna parte del mundo. Por otro lado, las pilas de óxido de mercurio de gran tamaño aún se producen para aplicaciones militares y médicas y en equipos industriales, donde una corriente estable y una larga vida útil son consideradas esenciales. Según un informe de la Comisión Europea, en 2007 se vendieron en los países de la Unión Europea pilas de óxido de mercurio que contenían entre 2 y 17 toneladas métricas de mercurio.¹³⁹

Las baterías que contienen mercurio, aparte de las pilas de óxido de mercurio, usan el mercurio para inhibir la formación de gases al interior de la batería y evitar las fugas. La mayoría de las baterías alcalinas en el mercado mundial ya no contienen mercurio. La excepción principal son las pilas de botón alcalinas.

Las pilas de botón son pequeñas baterías que se usan en audífonos para la sordera, relojes, juguetes, baratijas y otros artículos portátiles, pequeños. Muchas de estas baterías contienen mercurio. Las cuatro tecnologías principales de pilas de botón son: de zinc-aire, de óxido de plata, de manganeso alcalino y de litio. Las pilas de botón, de litio, no contienen mercurio. Por otro lado, las pilas de botón de zinc-aire, de óxido de plata y alcalinas de manganeso contienen habitualmente desde un 0,1 por ciento hasta un 2,0 por ciento de mercurio por peso. Muchas de estas baterías salen al comercio a través de la venta de productos con la batería ya incorporada. Por ejemplo, en 2004 se distribuyeron 17 millones de juguetes

137 "Summary of Supply, Trade and Demand," UNEP, citado más arriba.

138 "Fact Sheet: Mercury Use in Batteries," (IMERC), 2008, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/batteries.pdf>.

139 "Options for Reducing Mercury Use in Products and Applications, and the Fate of Mercury Already Circulating in Society; COWI A/S and Concorde East/West SpA European for the European Commission Directorate-General Environment, 2008, http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/study_summary2008.pdf.

Hombre Araña en las cajas de cereales para el desayuno que se vendieron en Estados Unidos. Se calcula que esta sola campaña de promoción puso en circulación 30 kilos de mercurio.¹⁴⁰

Pilas de botón de zinc-aire: La mayoría de estas pilas se venden para ser usadas en audífonos para la sordera, un uso exigente que necesita una batería de alta energía. Estas pilas por lo general tienen una vida útil de solo unos pocos días, y los usuarios de audífonos para la sordera compran múltiples pilas de reemplazo de una vez. En algunos países se encuentran en el mercado pilas de botón de zinc-aire, libres de mercurio y confiables, a precios equivalentes a sus contrapartes con contenido de mercurio.¹⁴¹

Pilas de botón de óxido de plata: Estas baterías se usan principalmente en relojes y cámaras, pero también pueden usarse en relojes miniatura, juegos electrónicos, calculadoras y otros productos que requieren una curva de descarga plana. Tres compañías con sede en Japón —Sony, Seiko e Hitachi— ofrecen desde hace varios años pilas de botón de óxido de plata libres de mercurio, de diversos tamaños. Recientemente, algunas empresas de Alemania y China también han comenzado a producirlas. Las pilas de botón de óxido de plata libres de mercurio que fabrican algunos productores tienen el mismo precio que sus contrapartes con contenido de mercurio, en tanto que las pilas de otros productores son levemente más caras. Al parecer, las pilas de botón de óxido de plata libres de mercurio están abriéndose paso en el mercado rápidamente.¹⁴²

Pilas de botón alcalinas, de manganeso: Es el tipo de batería elegido para los juguetes y baratijas que llevan pilas de botón, y también se usa en muchos otros productos, tales como cámaras, calculadoras, termómetros digitales y controles remotos. Se ha calculado que China usó más 900 toneladas métricas de mercurio en 2004 para la fabricación de pilas de botón alcalinas, de manganeso. Estas son las menos costosas de las baterías del tipo pila de botón, y los tamaños populares se venden al por mayor al precio de US\$0,10 por pila, o menos.

Existen al menos cinco fabricantes chinos que ofrecen pilas de botón alcalinas, de manganeso, libres de mercurio, de diversos tamaños. Son las

140 "Mercury-Free Button Batteries: Their Reliability and Availability," Maine Department of Environmental Protection, 2009, www.maine.gov/dep/rwm/publications/legislativereports/buttonbatteriesreportjan09.doc.

141 Ibid.

142 Ibid.

empresas New Leader, Super Energy, Chung Pak, Pak Ko, and Shenzhen Thumbcells. Ellas venden las baterías principalmente a los fabricantes de equipos originales para su uso en los productos finales. Según un investigador, se pueden usar ingredientes tales como bismuto, indio y surfactantes orgánicos para reemplazar el mercurio en las pilas de botón alcalinas, de manganeso, con escasa o ninguna dificultad técnica.¹⁴³

Pilas miniatura de litio: Estas baterías tienen forma de moneda más que de botón y nada de mercurio agregado. Timex usa pilas de litio en el 95 por ciento de sus relojes, y las pilas de litio son comunes también en juegos electrónicos, calculadoras, controles de cierre automático de automóviles, dispositivos para abrir puertas de garage, tarjetas de saludos. Se ha sugerido que las pilas de litio podrían ser una buena alternativa para las pilas de botón que contienen mercurio en muchas aplicaciones. Sin embargo, para lograrlo sería necesario rediseñar los productos para acomodar una forma física distinta de pila, dado que las pilas de litio son habitualmente más planas y anchas que las pilas de botón. Las pilas de litio también tienen un voltaje operativo mucho más alto que las pilas de botón, lo que las hace inapropiadas para muchas aplicaciones corrientes.¹⁴⁴

El mercurio es liberado en el medio ambiente durante la fabricación de las baterías y al final de la vida útil de éstas. No se dispone de información sobre la emisión y liberación de mercurio resultante de la fabricación de baterías que contienen mercurio, pero las cantidades pueden ser muy importantes. Sin embargo, la forma principal de liberación de mercurio en el medio ambiente desde las baterías que contienen mercurio corresponde sin duda a la etapa final de su vida útil. En la mayoría de los países la tasa de reciclaje para las baterías, especialmente para las pilas de botón, es muy baja, y la mayor parte de las baterías terminan en los incineradores, en los rellenos sanitarios o en los vertederos. Estos, a su vez, tarde o temprano liberan gran parte del contenido de mercurio de las baterías en el medio ambiente.

Ha habido un progreso real en años recientes en materia de reemplazo de las baterías que contienen mercurio por alternativas libres de mercurio, especialmente para las baterías que entran a los mercados de Europa Occidental y América del Norte. La promoción de alternativas a nivel nacional

143 Ibid.

144 Ibid.

puede acelerar la sustitución en otras regiones, pero solo un convenio mundial de control del mercurio puede contribuir a que el mundo avance hacia una eliminación gradual completa de todas las baterías que contienen mercurio.

7.4 El mercurio de las lámparas fluorescentes

El mercurio se usa en una variedad de lámparas y contribuye a su funcionamiento eficiente y a su expectativa de vida. Las lámparas fluorescentes y otras lámparas que contienen mercurio son por lo general mucho más eficientes energéticamente y de mayor duración que las lámparas incandescentes y otras formas de iluminación equivalentes.¹⁴⁵

Las lámparas fluorescentes —incluyendo los tubos fluorescentes y las lámparas fluorescentes compactas (LFC)— tienen, con mucho, la mayor cuota de mercado de todas las lámparas que contienen mercurio. Las lámparas fluorescentes contienen por lo general menos mercurio que otras lámparas de mercurio, y el contenido promedio de mercurio de cada lámpara fluorescente individual ha ido disminuyendo. Sin embargo, debido a su gran cuota de mercado, se calculó que las lámparas fluorescentes representan aproximadamente el 80 por ciento del total del mercurio que se usa en iluminación.¹⁴⁶

Una lámpara fluorescente es un tubo de vidrio recubierto con fósforo, que contiene mercurio y tiene electrodos localizados en ambos extremos. Cuando se aplica voltaje, los electrodos energizan el vapor de mercurio en el interior del tubo y esto hace que emita energía ultravioleta (UV). El recubrimiento de fósforo absorbe la energía UV y emite luz visible. El mercurio es un componente esencial de todas las lámparas fluorescentes.¹⁴⁷

En muchas circunstancias, sin embargo, el uso de lámparas compactas de luz fluorescente en reemplazo de las bombillas incandescentes ciertamente reducirá la liberación total de mercurio en el medio ambiente. ¿Por qué?

El carbón contiene mercurio, que se libera en el medio ambiente cuando se quema el carbón. La mayoría de los países depende de las carboeléctricas para generar una parte importante de la energía que usan. Como resultado

145 "Fact Sheet: Mercury Use in Lighting," IMERC, 2008, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/lighting.cfm>.

146 "The Truth About Mercury in Lamps and Bulbs," Progress Energy CurrentLines, <http://www2.unca.edu/environment/documents/Mercury%20&%20Lighting.pdf>.

147 "Fluorescent Lights and Mercury," North Carolina Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance, <http://www.p2pays.org/mercury/lights.asp>.

de ello, las medidas que disminuyen el uso de electricidad pueden disminuir las emisiones de mercurio de las carboeléctricas.

En algunos países, el uso de iluminación fluorescente que contiene mercurio puede contribuir, en el corto plazo, a reducir la contaminación mundial por mercurio

Los tubos fluorescentes y las lámparas fluorescentes compactas a menudo contienen una cantidad relativamente pequeña de mercurio y son muy eficientes energéticamente, comparados con las bombillas incandescentes. Cuando grandes cantidades de personas usen luces fluorescentes en lugar de bombillas incandescentes, se reducirá en gran parte, en términos generales, la demanda total de electricidad. En la mayoría de los casos, esta sustitución puede reducir las emisiones de mercurio de las plantas termoeléctricas en una cantidad mayor que la cantidad de mercurio contenido en las mismas lámparas fluorescentes. Esto puede demostrarse con un ejemplo basado en datos de Estados Unidos. Hay que hacer notar, sin embargo, que algunas conclusiones basadas en las condiciones que prevalecen en países altamente industrializados no sean aplicables a algunos países en desarrollo y países con economías en transición,

Consideremos una lámpara fluorescente compacta (LFC) de 14 watts que se usa para reemplazar una bombilla incandescente de 60 watts. La LFC de 14 watts y la bombilla incandescente de 60 watts producen aproximadamente la misma cantidad de luz. En Estados Unidos la vida promedio de una LFC es de aproximadamente 20.000 horas. Durante este promedio de vida, la LFC consumirá 280 kilowatt horas (kWh) de electricidad. En el mismo período, una bombilla incandescente de 60 watts consumirá 1.200 kWh de electricidad. Al sustituir una bombilla incandescente de 60 watts por una LFC de 14 watts, en las condiciones prevalecientes en Estados Unidos, se pueden ahorrar, en promedio, 920 kWh de consumo de electricidad durante la vida de la LFC.

En Estados Unidos, una central eléctrica a carbón, de tamaño promedio, emite aproximadamente 0,0234 mg de mercurio en el aire por cada kilowatt hora de electricidad que genera. Si partimos del supuesto de que una casa en Estados Unidos obtiene toda su electricidad de una central eléctrica a carbón, de tamaño promedio, observamos que el hecho de reemplazar una bombilla incandescente de 60 watts por una LFC de 14 watts reduce las emisiones de mercurio de la termoeléctrica en 21,5 mg como promedio (y también reduce las emisiones de gases de invernadero, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno y otros contaminantes).

Dado que la LFC promedio de 14 watts que se vende en Estados Unidos contiene 5 mg de mercurio o menos, su uso reduce las emisiones totales de mercurio en 16,5 mg de mercurio, aproximadamente, incluso suponiendo que todo el mercurio de la LFC entra eventualmente en el medio ambiente. (Con 21,5 mg de mercurio conservados, menos los 5 mg de mercurio contenidos en la LFC, llegamos a una reducción de 16,5 mg de las

emisiones de mercurio.)^{148,149} Bajo estas condiciones, cuando las luces fluorescentes reemplazan a las bombillas incandescentes en gran escala, la reducción total de las emisiones de mercurio puede ser significativa.)

Por otro lado, las condiciones en algunos países pueden ser bastante distintas. En Rusia, por ejemplo, las lámparas fluorescentes contienen al parecer más mercurio que en Estados Unidos, y hay muchas lámparas en Rusia que contienen entre 20 mg y 500 mg de mercurio. Los expertos rusos calculan que el total de mercurio contenido en las lámparas fluorescentes actualmente en uso en Rusia es de aproximadamente 50 toneladas métricas. Tomando en cuenta su tasa de agotamiento, se calcula que estas lámparas son responsables de la liberación de aproximadamente 10 toneladas métricas de mercurio en el medio ambiente cada año.¹⁵⁰

En Rusia y en muchos otros países, la regulación del voltaje del suministro de energía es inconsistente y los consumidores de electricidad experimentan numerosas alzas repentinas de voltaje. Por este motivo, la expectativa de vida de las lámparas fluorescentes en Rusia tiende a ser más corta que en los países que tienen un suministro de energía eléctrica más estable.¹⁵¹

Estas y otras consideraciones influyen en los beneficios y en los costos asociados a la conversión de bombillas incandescentes a lámparas fluorescentes. Por ejemplo, el contenido del mercurio del carbón varía de un país a otro y de una región a otra, tal como la cantidad de mercurio liberado por kilowatt hora de producción de una central eléctrica a carbón de tamaño promedio. Además, la proporción del suministro eléctrico derivado de las centrales a carbón varía de un lugar a otro. Algunos países tienen sistemas relativamente buenos para garantizar que las lámparas fluorescentes sean recolectadas al término de su vida útil y gestionadas en formas que reduzcan al mínimo la liberación de mercurio en el medio ambiente, mientras que otros países no cuentan con tales sistemas. También existen diferencias entre los países en el costo relativo de las lámparas fluorescentes. Finalmente, es posible que en los países donde el precio de la electricidad es relativamente bajo, donde el costo de las lámparas fluorescentes es muy alto, y donde las lámparas fluorescentes tienden a tener una vida útil acortada, la conversión de luz incandescente a luz fluorescente puede significar un costo neto para los consumidores, en vez de un ahorro neto.

Al final, los expertos de distintos países y regiones pueden llegar a distintas conclusiones con respecto a la conveniencia de reemplazar gradualmente las bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes en sus países. Hay numerosos factores que considerar antes de adoptar una decisión en esta materia. Por un lado, los expertos pueden considerar el cambio climático y la importancia de las medidas para reducir la demanda de electricidad proveniente de plantas termoeléctricas que usan carbón

148 "The Truth About Mercury in Lamps and Bulbs," Progress Energy CurrentLines, citado más arriba.

149 "Compact Fluorescent Bulbs and Mercury: Reality Check," *Popular Mechanics*, May 2007, <http://www.popularmechanics.com/home/reviews/news/4217864>.

150 "Mercury Emission Sources in Russia; The Situation Survey in Six Cities of the Country," Eco-Accord Centre, June 2010 <http://www.zeromercury.org/projects/Russian%20Mercury%20sources%20Eng-Final.pdf>

151 Correspondencia privada con un dirigente de una ONG rusa.

u otros combustibles fósiles, y pueden considerar las emisiones de mercurio y otros contaminantes tóxicos de la planta de energía. Por otro lado, los expertos pueden considerar también el contenido de mercurio de las luces fluorescentes disponibles en el mercado nacional y las emisiones de mercurio que ocurren en el punto de fabricación de las lámparas y en el punto donde el mercurio fue extraído y refinado. Pueden tomar en consideración, además, las preocupaciones más inmediatas en materia de salud y seguridad relacionadas con la llegada a los hogares y puestos de trabajo de productos que contienen mercurio, junto con la probabilidad de que la gente simplemente tire a la basura las lámparas agotadas. Entre otras consideraciones están la vida operativa promedio de las lámparas fluorescentes en el país y el costo relativo para los consumidores de bombillas incandescentes versus luces fluorescentes.

Finalmente, quienes apoyan la eliminación gradual de las bombillas incandescentes y su reemplazo por lámparas fluorescentes reconocen que ésta no es una solución satisfactoria de tipo permanente, sino una medida de corto o mediano plazo. La meta de largo plazo es el desarrollo y difusión amplia del uso de lámparas que proporcionen una buena iluminación y que sean energéticamente eficientes, libres de mercurio, duraderas, baratas y no tóxicas.

El uso de luces fluorescentes presenta sus propios problemas. Cuando se rompen, las luces fluorescentes liberan vapores de mercurio peligrosos en el ambiente interior. Además, si tomamos en cuenta toda la contaminación por mercurio asociada al ciclo de vida de las luces fluorescentes, tenemos que considerar no solo el contenido de mercurio de la lámpara y la contaminación causada al término de su vida útil, sino también la contaminación por mercurio asociada a la actividad minera para extraer el mercurio que va a la lámpara y la contaminación por mercurio asociada a la producción de la lámpara.

Afortunadamente se están desarrollando nuevas lámparas energéticamente eficientes que no contienen mercurio. La tecnología de diodo emisor de luz (LED) es la más prometedora. La iluminación LED se está empezando a comercializar, pero aún es relativamente cara. Sin embargo, como sucede con todas las nuevas tecnologías, se puede esperar que los costos bajen con el tiempo. Los vendedores señalan que las bombillas LED que están apareciendo en el mercado no contienen mercurio, proporcionan un 77 por ciento de ahorro frente a las bombillas incandescentes, duran 25 veces más, son frías al tacto y ofrecen un brillo completo desde el momento

del encendido (a diferencia de las fluorescentes).¹⁵² Eventualmente, las bombillas LED u otras nuevas tecnologías van a reemplazar, casi con certeza, a las bombillas incandescentes y a las lámparas fluorescentes. Sin embargo, todavía hay información insuficiente sobre el impacto ambiental y para la salud de las bombillas LED, de manera que se necesitan más estudios sobre este tema.

En el corto y mediano plazo, el reemplazo de las bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes de larga vida parece ser ambientalmente beneficioso en muchos países. Sin embargo, no todos los tubos fluorescentes y las lámparas compactas fluorescentes (LCF) son iguales. En 2004, la mayoría de los tubos fluorescentes vendidos en Estados Unidos contenían menos de 10 mg de mercurio, pero el 12,5 por ciento de ellos contenía más de 50 mg. Dos tercios de todas las LCF vendidas en Estados Unidos en 2004 contenían menos de 5 mg, pero algunas contenían más de 10 mg.¹⁵³ El contenido promedio de mercurio de los tubos fluorescentes tamaño T12 fabricados en China en 2006 oscilaba entre 25 mg y 45 mg; para los tubos tamaño T5 era de 20 mg, y para las LFC era de 10 mg.¹⁵⁴ En la India, las LFC más populares contienen entre 3,5 mg y 6 mg de mercurio, pero algunas contienen más, y el gobierno está elaborando estándares sobre esta materia.¹⁵⁵

En Europa Occidental, el Parlamento y el Consejo de la Unión Europea establecieron una directiva que restringe el uso de mercurio en los equipos eléctricos y electrónicos. Exige que el contenido de mercurio de las LFC sea inferior a 5 mg por lámpara y que el contenido de mercurio de los tubos fluorescentes de uso general sea inferior a 10 mg por tubo.¹⁵⁶ En otros países, sin embargo, el contenido promedio de mercurio de las luces fluorescentes puede ser mucho más alto.

Por lo demás, el contenido conocido de mercurio de una lámpara fluorescente no cuenta la historia completa de su contribución a la contaminación mundial por mercurio. Algunos fabricantes de lámparas, como muchos en China, tienen como fuente de suministro de mercurio

152 "Light Bulb War? New LEDs by GE, Home Depot Compete," *USA Today*, May 10, 2010, <http://content.usatoday.com/communities/greenhouse/post/2010/05/light-bulb-war-new-leds-by-ge-home-depot-compete/1>.

153 "Fact Sheet: Mercury Use in Lighting," IMERC, citado más arriba.

154 "Improve the Estimates of Anthropogenic Mercury Emissions in China," Tsinghua University, 2006, <http://www.chem.unep.ch/mercury/China%20emission%20inventory%20.pdf>.

155 "Information on CFL and Its Safe Disposal," Electric Lamp and Component Manufacturers Association of India, <http://www.elcomaindia.com/CFL-Safe-Disposal.pdf>.

156 "Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council," *Official Journal of the European Union*, http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/upload/2002_95_EC.pdf.

a pequeñas operaciones mineras primarias de extracción y refinación de mercurio, altamente contaminantes. Algunas fábricas que producen lámparas tienen malos controles de contaminación y liberan grandes cantidades de vapor de mercurio al aire interior y exterior. Algunas generan una gran cantidad, muy mal gestionada, de flujos de residuos sólidos y líquidos contaminados con mercurio. Por otro lado, algunos fabricantes de lámparas crean cantidades mínimas de contaminación y usan como fuentes de suministro de mercurio operaciones de reciclaje bien controladas, que recuperan un mercurio que de no ser así, entraría en el medio ambiente.

La falta de un sistema funcional que garantice la gestión ambientalmente adecuada de las lámparas de mercurio usadas, especialmente en los países en desarrollo, constituye una seria amenaza para las personas que trabajan informalmente en los vertederos y a sus comunidades, y que a menudo recogen lámparas desechadas en la basura que se acumula en los vertederos y rellenos sanitarios y las reciclan en condiciones no controladas. En Filipinas, por ejemplo, los datos gubernamentales indican que el 88 por ciento de los hogares y el 77 por ciento de los establecimientos comerciales se deshacen de sus tubos y lámparas fluorescentes de desecho junto con la basura domiciliaria. El trabajo de investigación de la EcoWaste Coalition, miembro de IPEN, sobre el reciclaje informal de LFC en los vertederos llamó la atención de los encargados de las políticas públicas, que ahora ven la necesidad de implantar un mecanismo efectivo de recolección y recuperación de lámparas fuera de uso, que incluya la imposición de la responsabilidad extendida del productor (REP), para poner freno a la eliminación inadecuada.

Este problema no es exclusivo de los países con economías en desarrollo. La Asociación de recicladores de lámparas y de mercurio (ALMR) de Estados Unidos calcula que solo se recicla alrededor de un 23 por ciento de todas las lámparas (el 30 por ciento de las comerciales e industriales, pero solo el 5 por ciento de las residenciales).¹⁵⁷ Las tasas de reciclaje de la Unión Europea son mucho más altas. La directiva de la Comunidad Europea sobre residuos de equipos eléctricos y electrónicos tiene disposiciones para el retiro gratuito de equipos eléctricos fuera de uso, incluyendo luces fluorescentes, y para la creación de instalaciones y sistemas de recolección de los residuos electrónicos de las casas particulares.¹⁵⁸ Canadá también

157 "Promoting Mercury-Containing Lamp Recycling: A Guide for Waste Managers," Solid Waste Association of North America, p. 1, <http://www.swana.org/extra/lamp/lropmanualfinal.pdf>.

158 "Waste from Electrical and Electronic Equipment," Citizens Information website, <http://www.citizensinformation.ie/categories/envi->

está implementando su propia Norma para todo Canadá (Canadá-Wide Standard, CWS), que exige el desarrollo de un plan de Responsabilidad Extendida del Productor para una creciente lista de bienes de consumo.¹⁵⁹

Se usan muchos sistemas para gestionar y procesar las lámparas fluorescentes fuera de uso. Entre estos se hallan las trituradoras de lámparas y distintos sistemas de reciclaje de lámparas fluorescentes. Parece no haber datos completos sobre varios factores relacionados con estos sistemas: la cantidad de emisiones atmosféricas liberadas por distintos sistemas de trituración o de reciclaje de lámparas, la exposición ocupacional al mercurio en el puesto de trabajo, la contaminación por mercurio del suelo y del agua en el lugar donde se ubica la planta, la transferencia de residuos de mercurio fuera de las instalaciones, y cuánto mercurio elemental puro pueden recuperar los distintos sistemas. Parece, sin embargo, que mientras algunos pueden ser relativamente buenos, otros sistemas de trituración de lámparas y sistemas de reciclaje pueden ser altamente contaminantes y pueden causar una significativa exposición ocupacional y/o de la comunidad al mercurio.

Un convenio de control del mercurio puede incluir medidas que limiten el contenido de mercurio de las lámparas fluorescentes; que exijan procesos más limpios de producción de lámparas; que aumenten la disponibilidad de instalaciones seguras, no contaminantes, para el reciclaje de lámparas; y que acelere el desarrollo de alternativas de iluminación de alta calidad, libres de mercurio, que sean energéticamente eficientes, no tóxicas y a precios asequibles.

7.5 Otras lámparas que contienen mercurio

Además de las lámparas fluorescentes, en el mercado hay varios otros tipos de lámparas que también contienen mercurio. Muchas de ellas son consideradas lámparas de descarga de alta intensidad (DAI). Este nombre se usa habitualmente para varios tipos de lámparas, incluyendo las lámparas de haluro metal, de sodio a alta presión y de vapor de mercurio.

Las lámparas DAI funcionan en forma similar a las lámparas fluorescentes. Usan un tubo lleno de gas que contiene un vapor metálico a una presión relativamente alta. Tienen dos electrodos y cuando se establece un arco

ronment/waste-management-and-recycling/waste_from_electric_and_electronic_equipment.

159 "Canada Wide Action Plan for Extended Producer Responsibility," Canadian Council of Ministers of the Environment, 2009, http://www.ccmce.ca/assets/pdf/epr_cap.pdf.

entre ellos, éste produce temperaturas extremadamente altas y energía radiante visible. Estas lámparas tienen muy larga vida y algunas de ellas proporcionan mucha más luz que las lámparas fluorescentes típicas. Necesitan un período de calentamiento relativamente largo para alcanzar su intensidad lumínica total, e incluso un corte eléctrico momentáneo causa el reinicio del período de calentamiento —un proceso que puede tomar varios minutos. Las distintas clases de lámparas de alta intensidad usan distintas combinaciones de gases en el flujo del arco —por lo general es xenón o argón y mercurio—y esto afecta las características de color de la lámpara y su eficiencia general.¹⁶⁰

Lámparas de haluro metálico: Estas lámparas usan haluros metálicos, tales como yoduro de sodio, en sus tubos de arco y producen luz en la mayoría de las regiones del espectro. Las lámparas de haluro metálico proporcionan eficiencia, buena identificación de los colores y larga vida útil, y por lo general se usan en estadios, bodegas, tiendas por departamentos y tiendas de provisiones, y en ambientes industriales. También se usan en los focos delanteros de color azul brillante de los automóviles y para la iluminación de los acuarios. La cantidad de mercurio usada en las lámparas individuales de haluro metal fluctúa entre más de 10 mg a 1.000 mg. El 75 por ciento de las lámparas de haluro metálico contiene más de 50 mg de mercurio, un tercio de ellas contiene más de 100 mg de mercurio.¹⁶¹

Lámparas de haluro metálico de cerámica: Recientemente introducidas al mercado, constituyen una alternativa energéticamente eficiente y de alta calidad, a las bombillas incandescentes y las lámparas halógenas. Se usan principalmente para iluminación de acento e iluminación de locales comerciales. Difieren de las lámparas normales de haluro metálico en que el tubo de arco es hecho de cerámica. Estas lámparas contienen menos mercurio que las lámparas normales de haluro metálico y también proporcionan mejor calidad de luz y mejor consistencia de los colores a un costo menor. Más del 80 por ciento de estas lámparas contiene menos de 10 mg de mercurio, y el resto contiene menos de 50 mg de mercurio.¹⁶²

Lámparas de sodio a alta presión: Estas lámparas son una fuente de luz altamente eficiente, pero tienden a verse amarillas y no entregan una buena definición de los colores. Fueron desarrolladas como fuentes de iluminación

160 "Fact Sheet: Mercury Use in Lighting," IMERC, citado más arriba.

161 Ibid.

162 Ibid.

exterior, de seguridad e industrial y se usan extensamente en el alumbrado público. Las lámparas de sodio a alta presión emiten una luz de color amarillo a anaranjado y debido a su mala definición de los colores, se usan principalmente en aplicaciones exteriores e industriales, donde lo prioritario es la eficiencia y larga vida. Prácticamente todas las lámparas de sodio a alta presión contienen entre 10 mg y 50 mg de mercurio.¹⁶³

Iluminación a vapor de mercurio: Esta es la tecnología más antigua usada por las lámparas de descarga de alta intensidad. El arco produce una luz azulada que define mal los colores, de manera que la mayoría de las lámparas de vapor de mercurio tiene un recubrimiento de fósforo para alterar el color y mejorar en parte la definición de los colores. Las lámparas de vapor de mercurio tienen una intensidad de luz más baja y son las menos eficientes entre las lámparas de descarga de alta intensidad. Se usan principalmente en aplicaciones industriales y para la iluminación externa, debido a su bajo costo y larga vida. La mayoría de ellas contiene entre 10 mg y 50 mg de mercurio, pero el 40 por ciento contiene más de 50 mg de mercurio y el 12 por ciento contiene más de 100 mg de mercurio.¹⁶⁴

Lámparas fluorescentes de cátodo frío: Son una variación de los tubos fluorescentes, pero tienen un diámetro menor. Las lámparas de cátodo frío se usan para iluminación de fondo en las pantallas de cristal líquido (LCD) de una amplia variedad de equipos electrónicos, incluyendo computadores, televisores de pantalla plana, cámaras, filmadoras, máquinas registradoras, proyectores digitales, fotocopiadoras y máquinas de fax. También se usan para la iluminación de fondo en el panel de instrumentos y en los sistemas de entretenimiento de los automóviles. Las lámparas de cátodo frío funcionan con un voltaje mucho más alto que las lámparas fluorescentes convencionales. Esto elimina la necesidad de calentar los electrodos y aumenta la eficiencia de la lámpara entre un 10 y un 30 por ciento. Pueden hacerse de distintos colores, tienen un alto brillo y una larga vida. Su contenido de mercurio es similar al de otras lámparas fluorescentes.

Luces de neón: Son bombillas de descarga de gas que por lo general contienen gas de neón, criptón y argón a baja presión. Al igual que las bombillas fluorescentes, cada extremo de una luz de neón tiene un electrodo de metal. La corriente eléctrica que pasa a través de los electrodos ioniza el neón y los otros

¹⁶³ Ibid.

¹⁶⁴ Ibid.

gases, haciendo que emitan una luz visible. El neón emite luz roja; otros gases emiten otros colores. Por ejemplo, el argón emite luz de color lavanda y el helio emite luz blanca-anaranjada. El color depende de la mezcla de gases y de otras características de la bombilla. Las luces de neón son hechas generalmente por artesanos, en pequeños talleres, y se utilizan mucho en publicidad, vitrinas comerciales y decoración. Las luces de neón rojas no contienen mercurio, pero las luces de neón de otros colores pueden contener entre 250 mg y 600 mg de mercurio por bombilla, aproximadamente.¹⁶⁵

Lámparas de mercurio de arco corto: Son bombillas de cuarzo de forma esférica o levemente oblonga, con dos electrodos separados apenas por unos pocos milímetros. La bombilla está llena de vapor de argón y mercurio a baja presión. El vataje puede variar desde menos de 100 watts hasta unos pocos kilowatts. La luz que crean es extremadamente intensa, y estas lámparas se usan para aplicaciones especiales, como reflectores, equipo médico especializado, fotoquímica, curado ultravioleta y espectroscopía. Una variación de ella es la lámpara de mercurio-xenón de arco corto, que es similar, pero contiene una mezcla de vapor de xenón y de mercurio. Estas lámparas por lo general contienen entre 100 mg y 1.000 mg de mercurio. Muchas contienen más de 1.000 mg de mercurio.¹⁶⁶

Lámparas capilares de mercurio: Aportan una intensa fuente de energía radiante, desde el rango ultravioleta hasta el casi infrarrojo. No necesitan un período de calentamiento para encenderse o reencenderse y alcanzan su brillo casi completo en unos segundos. Las lámparas capilares de mercurio tienen una variedad de largos de arco, poder radiante y métodos de montaje. Se usan en la fabricación de tableros de circuitos impresos y en otras aplicaciones industriales. También se usan para el curado ultravioleta –muy utilizado en el proceso de serigrafía; la impresión y copiado de CD/DVD; la fabricación de suministros médicos; la decoración de botellas y copas, y en aplicaciones en revestimientos. Estas lámparas contienen entre 100 mg y 1.000 mg de mercurio.¹⁶⁷

7.6 Instrumentos de medición que contienen mercurio

El mercurio se expande y se contrae en forma pareja con los cambios de temperatura y presión. Esta característica ha hecho útil el mercurio en

¹⁶⁵ Ibid.

¹⁶⁶ Ibid.

¹⁶⁷ Ibid.

instrumentos científicos, médicos e industriales que miden la temperatura y la presión.

La Unión Europea adoptó una directiva que restringe algunos instrumentos de medición que contiene mercurio. Todos los termómetros de mercurio para medir la fiebre están prohibidos en el mercado de los países de la Unión Europea. También están prohibidos otros instrumentos de medición que contienen mercurio y que están destinados al público en general, entre ellos manómetros, barómetros, esfigmomanómetros (instrumentos para medir la presión arterial), y las demás clases de termómetros de mercurio. Se ha hecho una excepción con los instrumentos antiguos, de más de 50 años, y la Unión Europea encargó nuevos estudios sobre la disponibilidad de alternativas confiables, seguras, técnica y económicamente factibles, para los instrumentos que contienen mercurio y que se usan en el campo de la salud y en otras aplicaciones profesionales e industriales.¹⁶⁸ Varios gobiernos estatales de Estados Unidos adoptaron también prohibiciones o restricciones para algunos instrumentos de medición que contienen mercurio.¹⁶⁹ En respuesta a estas medidas, numerosos fabricantes han ido dejando de lado estos instrumentos y están aumentando la producción de alternativas libres de mercurio, rentables y de alta calidad.

Los termómetros y esfigmomanómetros son los instrumentos de medición más comunes que contienen mercurio. Los termómetros tienen numerosas aplicaciones, tales como termómetros para la fiebre y otros tipos de termómetros usados en el hogar y en instalaciones industriales, de laboratorio y comerciales. Un termómetro puede contener entre 0,5 g y 54 g de mercurio. En Estados Unidos, por ejemplo, el contenido de todos los termómetros vendidos en 2004 fue de aproximadamente dos toneladas métricas. Un esfigmomanómetro contiene entre 50 g y 140 g de mercurio. El contenido de todos los esfigmomanómetros vendidos en Estados Unidos fue de aproximadamente una tonelada métrica.¹⁷⁰

Debido a que los esfigmomanómetros y otros instrumentos de medición que contienen mercurio están expuestos al aire, con el tiempo se pierde mercurio a través de la volatilización. Como resultado de ello,

168 "Directive 2007/51/EC of the European Parliament and the Council of 25 September 2007 Relating to Restrictions on the Marketing of Certain Measuring Devices Containing Mercury," *Official Journal of the European Union*, March 10, 2007, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:257:0013:0015:EN:PDF>.

169 "Fact Sheet: Mercury Use in Measuring Devices," IMERC, 2008, http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/measuring_devices.pdf.

170 *Ibid.*

ocasionalmente debe reponerse el mercurio de estos instrumentos. En forma creciente, el estándar con el cual se recalibran estos instrumentos es el de un instrumento que no usa mercurio, lo que indica la exactitud y durabilidad de los instrumentos electrónicos sin mercurio.

Los siguientes son otros instrumentos de medición que contienen mercurio:

- Los **barómetros** miden la presión atmosférica. (Cada uno puede contener entre 400 g y 620 g de mercurio.)
- Los **manómetros** miden variaciones en la presión de gas. (Cada uno puede contener entre 30 g y 75 g de mercurio.)
- Los **psicrómetros** miden la humedad. (Cada uno puede contener entre 5 g y 6 g de mercurio.)
- Los **medidores** de flujo miden el flujo de gas, agua, aire y vapor.
- Los **hidrómetros** miden la gravedad específica de los líquidos.
- Los **pirómetros** miden la temperatura de materiales extremadamente calientes. (Se usan principalmente en las fundiciones.)

El contenido de mercurio de todos los manómetros vendidos en Estados Unidos en 2004 fue de poco más de una tonelada métrica. Todos los demás instrumentos de medición indicados más arriba que fueron vendidos en Estados Unidos en 2004, tomados en conjunto, contenían 0,1 toneladas métricas de mercurio.¹⁷¹

7.7 Amalgamas dentales de mercurio

La amalgama dental es un material usado por los dentistas para rellenar las caries dentales, o cavidades, causadas por el deterioro de los dientes. A los empastes dentales de amalgama se les llama a veces rellenos de plata porque tienen una apariencia similar a la plata. La amalgama es una mezcla de metales que contiene mercurio elemental y una aleación en polvo, compuesta de plata, estaño y cobre. Por peso, aproximadamente el 50 por ciento de la amalgama dental es mercurio elemental.¹⁷² Esta tecnología tiene más de 150 años. En el pasado, los dentistas preparaban la amalgama en el mismo consultorio, usando mercurio elemental y polvos de metal a granel. Actualmente, muchos dentistas compran la amalgama dental en

171 Ibid.

172 "About Dental Amalgam Fillings," U.S. Food and Drug Administration, <http://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/DentalProducts/DentalAmalgam/ucm171094.htm#1>.

cápsulas que vienen en distintos tamaños. El contenido de mercurio de cada cápsula puede variar entre 100 mg y 1.000 mg de mercurio.¹⁷³

Un relleno dental de amalgama de mercurio libera vapores de mercurio en cantidades muy pequeñas, y estos vapores pueden ser absorbidos y llegar a la corriente sanguínea de una persona. Se ha calculado que una persona con relleno de amalgama dental absorbe, en promedio, entre 3 y 17 microgramos de vapor de mercurio en su sangre cada día. Es una exposición pequeña, pero es mucho más grande que la exposición humana promedio causada por el contenido de mercurio del aire libre que respiramos.¹⁷⁴

Los estudios que se han realizado sobre los posibles daños de la exposición al mercurio causada por la amalgama dental han llegado a conclusiones que difieren bastante entre sí. Algunos estudios han encontrado evidencias que sugieren que el mercurio de la amalgama dental puede conducir a diversos problemas de salud, entre ellos nefrotoxicidad, cambios neuroconductuales, autoinmunidad, estrés oxidativo, autismo y alteraciones de la piel y la mucosa. Se han citado también evidencias que sugieren una relación entre la exposición a dosis bajas de mercurio con el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer y de la esclerosis múltiple. Los autores de un artículo que revisó la literatura científica respalda este punto de vista, argumenta que algunos otros estudios sobre la amalgama dental tienen errores sustantivos de método y que los niveles de mercurio en la sangre, la orina u otros biomarcadores no reflejan la carga de mercurio de los órganos críticos. Los autores afirman que se han realizado varias pruebas en las cuales la remoción de la amalgama dental ha mejorado en forma permanente algunas dolencias crónicas en un número relevante de pacientes. Este artículo de revisión concluye que “la amalgama dental es un material inapropiado por razones médicas, ocupacionales y ecológicas.”¹⁷⁵

Otros estudios fidedignos, sin embargo, han llegado a conclusiones distintas. Por ejemplo, la Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos (FDA) revisó la evidencia científica disponible para determinar si los bajos niveles de vapor de mercurio asociados a las tapaduras de amalgama dental constituyen una causa de preocupación. Con base en esta

173 “Fact Sheet Mercury Use in Dental Amalgam,” IMERC, 2010, http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/dental_amalgam.cfm.

174 “Mercury,” Chapter 6.9 in Air Quality Guidelines, WHO Regional Office for Europe, http://www.euro.who.int/document/a/q/6_9mercury.pdf.

175 J. Mutter et al., “Amalgam Risk Assessment with Coverage of References up to 2005,” Institute for Environmental Medicine and Hospital Epidemiology, University Hospital Freiburg, <http://www.iaomt.org/articles/files/files313/Mutter-%20amalgam%20risk%20assesment%202005.pdf>.

revisión, la FDA concluyó que los rellenos de amalgama dental son seguros para los adultos y los niños de 6 años y más.¹⁷⁶ A partir de esta revisión, en 2009 la FDA actualizó su reglamento en materia de amalgamas dentales. El nuevo reglamento de la FDA clasifica a las amalgamas como de riesgo moderado. La FDA recomienda advertir a los pacientes que tienen alergia al mercurio acerca del uso de amalgama dental. También recomienda que los materiales de envasado de la amalgama dental contengan indicaciones que ayuden a los dentistas y a los pacientes a tomar decisiones informadas. Las indicaciones deben contener información sobre la evidencia científica acerca de los beneficios y los riesgos de la amalgama dental, incluyendo el riesgo que presentan los vapores de mercurio inhalados.¹⁷⁷

En respuesta a las preocupaciones de salud y ambientales asociadas a las amalgamas dentales, su uso ha ido declinando en Estados Unidos y Europa Occidental. (No están claras las tendencias en el resto del mundo.) En 2007, el Ministerio del Medio Ambiente de Noruega emitió una directiva que prohíbe el uso de mercurio en materiales dentales.¹⁷⁸ En 2009 le siguió Suecia, al prohibir el uso de amalgama dental en los niños y restringiendo su uso en los adultos solo a los casos en que hay una razón médica determinada para su uso y cuando otros tratamientos han sido juzgados insuficientes.¹⁷⁹ Con base en la evidencia disponible, Austria, Alemania, Finlandia, Noruega, el Reino Unido y Suecia aconsejaron a los dentistas evitar específicamente las obturaciones con amalgama que contienen mercurio durante el embarazo.¹⁸⁰

En Estados Unidos, el uso de amalgamas dentales de mercurio está declinando. Entre 2004 y 2007, el contenido de mercurio de las amalgamas dentales usadas en Estados Unidos declinó casi en un 50 por ciento, desde 27,5 toneladas métricas en 2004 a 15 toneladas métricas en 2007.¹⁸¹

Cuando los dentistas utilizan rellenos de amalgama de mercurio, se generan residuos que contienen mercurio y que entran en los sistemas de alcantarillado y en los flujos de residuos sólidos. Sin embargo, existe una

176 "About Dental Amalgam Fillings," FDA, citado más arriba.

177 "FDA Issues Final Regulation on Dental Amalgam," FDA, July 28, 2009, <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/Pressannouncements/ucm173992.htm>.

178 "Minister of the Environment and International Development Erik Solhei Bans Mercury in Products," press release, December 21, 2007, <http://www.regjeringen.no/en/dep/md/press-centre/Press-releases/2007/Bans-mercury-in-products.html?id=495138>.

179 "Dental Amalgam: Prohibition to Use Dental Amalgam," the Swedish Chemicals Agency (KemI), http://www.kemi.se/templates/Page_3151.aspx.

180 Philippe Hujuel et al., "Mercury Exposure from Dental Filling Placement During Pregnancy and Low Birth Weight Risk," *American Journal of Epidemiology* (2005) 161 (8), p. 734-40, <http://aje.oxfordjournals.org/content/161/8/734.full>.

181 "Fact Sheet Mercury Use in Dental Amalgam," IMERC, citado más arriba.

tendencia creciente en muchos consultorios dentales a capturar y reciclar los residuos de mercurio que se generan en la práctica profesional, y algunas asociaciones nacionales de odontología han establecido directrices acerca de las mejores prácticas de gestión de los residuos de amalgama.¹⁸²

En muchos países es práctica común cremar a las personas cuando mueren. En un crematorio, la amalgama dental se vaporiza y es liberada en el aire. No hay buenas estadísticas sobre la cantidad de mercurio que se libera en el aire, a nivel mundial, debido a las cremaciones. Según un cálculo de 1995 sobre las cremaciones en Estados Unidos, aproximadamente 500.000 personas fueron cremadas, lo que liberó aproximadamente 1,25 toneladas métricas de mercurio en el aire.¹⁸³ La cremación es muy común en varios países, y esta práctica está aumentando rápidamente en otros. En algunos casos se quitan las amalgamas dentales antes de la cremación para evitar las emisiones de mercurio. Sin embargo ha habido resistencia cultural a esta práctica. Los controles de emisiones de los crematorios también pueden reducir la liberación de mercurio, pero estos pueden aumentar los costos en forma importante.

Existen argumentos de peso para la eliminación gradual del uso de amalgama dental y su reemplazo por alternativas más seguras. En todo caso, es necesario evaluar adecuadamente los sustitutos propuestos, a fin de garantizar que se eviten las alternativas que tengan sus propios impactos negativos sobre la salud y el medio ambiente.

7.8 Plaguicidas y biocidas que contienen mercurio

Se han usado compuestos inorgánicos y orgánicos de mercurio como plaguicidas para numerosos usos. Los compuestos se han usado en el tratamiento de semillas, para controlar las algas y el limo en las torres de enfriamiento y en las plantas de celulosa y papel, como aditivos de pinturas marinas y pinturas y recubrimientos al agua, para cubrir heridas en los árboles, para proteger las papas y manzanas para semilla, en tratamiento de telas, en lavandería, y otros.¹⁸⁴

182 "Best Management Practices for Amalgam Waste," American Dental Association, 2007, http://www.ada.org/sections/publicResources/pdfs/topics_amalgamwaste.pdf.

183 "Use and Release of Mercury in the United States," U.S. EPA, 2002, p. 64-5, <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r02104/600r02104prel.pdf>.

184 "Decision Guidance Documents: Mercury Compounds: Joint FAO/UNEP Programme for the Operation of Prior Informed Consent," 1996, www.pic.int/en/DGDs/MercuryEN.doc.

En Australia, el plaguicida Shirtan, que contiene 120 g de mercurio por litro, en forma de cloruro de metoxietilmercurio, aún tiene registro de uso como fungicida para controlar el mal de la piña en los cultivos de caña de azúcar.¹⁸⁵ En su base de datos sobre plaguicidas, la Red de Acción en Plaguicidas (Pesticide Action Network 'o PAN en inglés) tiene registrados 79 plaguicidas que contienen mercurio.¹⁸⁶

El Convenio de Rotterdam sobre Consentimiento Fundamentado Previo identifica los usos del mercurio elemental y de los compuestos de mercurio en la lista de productos químicos que no pueden exportarse a un país sin el consentimiento fundamentado previo del país receptor, incluida en el Anexo III. El convenio identifica 44 compuestos de mercurio cuyo uso como plaguicidas ha sido restringido por los gobiernos. Entre los compuestos plaguicidas identificados están los compuestos inorgánicos de mercurio, compuestos alquílicos de mercurio, compuestos alcoialquílicos y arílicos de mercurio. El Anexo incluye también la lista de formulaciones de compuestos de mercurio en forma de líquidos, polvos humectables, material granulado, pinturas latex, intermediarios para la preparación de formulaciones, y concentrados solubles.¹⁸⁷

Muchos plaguicidas que contienen mercurio han sido prohibidos y restringidos debido a su toxicidad para las personas, su capacidad para contaminar la comida y los piensos, y su toxicidad para los organismos acuáticos. Los casos más graves de toxicidad de los plaguicidas que contienen mercurio están asociados al uso de compuestos de mercurio como tratamientos para las semillas, utilizados en forma amplia para proteger las semillas contra la infestación por hongos.

La primera formulación comercial de un tratamiento con mercurio para las semillas fue un líquido denominado Panogen (metilmercurio guanidina). Fue desarrollado en Suecia en 1938 y su uso se hizo más amplio a fines de la década de 1940. Más tarde se desarrolló una formulación en polvo de etilmercurio, llamada Ceresan, de amplio uso en el tratamiento de granos pequeños. El tratamiento de semillas con compuestos organomercúricos era muy efectivo y tan barato que muchos centros de tratamiento lo aplicaban sin costo o con un costo muy pequeño para el

185 "Shirtan Fungicide from Crop Care," <http://www.fatecow.com.au/c/Crop-Care-Australasia/Shirtan-Fungicide-From-Crop-Care-p18475>.

186 PAN Pesticides Database: Chemicals Name Search, http://www.pesticideinfo.org/Search_Chemicals.jsp.

187 "Annex III," Rotterdam Convention, <http://www.pic.int/home.php?type=t&id=29&sid=30>.

agricultor que llevaba su semilla para ser limpiada. El uso generalizado de fungidas que contenían mercurio continuó hasta la década de 1970, cuando comenzaron las restricciones, luego de varios incidentes de envenenamiento de personas que comieron directamente grano tratado o carne de animales que habían consumido grano tratado. El uso de fungicidas de mercurio orgánico está prohibido en muchos países, pero sigue en uso para ciertas aplicaciones en otros.¹⁸⁸

En el puerto iraquí de Basra ocurrió en 1971 un caso grave de envenenamiento por plaguicidas, mencionado a veces como el Desastre de los cereales envenenados de Basra. Un cargamento de 90.000 toneladas métricas de cebada estadounidense y trigo mexicano llegó a ese puerto para ser usado como semillas. Los cereales habían sido tratados con metilmercurio como antimicótico, para evitar que se pudrieran. Se suponía que estaban destinados a los agricultores y tenían advertencias impresas en inglés y español en las bolsas. Sin embargo estos idiomas no eran de uso general en la ciudad puerto y una gran cantidad de grano se vendió a nivel local como alimento.¹⁸⁹ Se calcula que como resultado del envenenamiento por mercurio murieron 10.000 personas y otras 100.000 quedaron con daño cerebral grave y permanente.

Las siguientes son otras aplicaciones del mercurio como plaguicida o biocida que aún pueden estar en uso:

- **Aditivos para pinturas:** A veces se agregan compuestos fenilmercúricos y acetato de mercurio a la pintura, como fungicidas, para evitar el crecimiento de moho y mildiú. Estas pinturas ya no se usan en Estados Unidos y Europa Occidental, pero pueden estar usándose en otras regiones.

- **Plantas de celulosa y papel:** A veces se agrega acetato de fenilmercurio a la celulosa en el proceso de fabricación de papel, como fungicida o para evitar la formación de limo. Debido a que la pulpa de papel está tibia y es rica en nutrientes, pueden crecer hongos y mohos en la pulpa y atascar la maquinaria, a menos que se controlen. Para este fin se usan grandes cantidades de acetato de fenilmercurio. Esto puede contaminar el agua de descarga de la planta de celulosa y también los mismos productos de papel.

188 D. E. Mathre, R. H. Johnston, and W. E. Grey, "Small Grain Cereal Seed Treatment," 2006, Department of Plant Sciences and Plant Pathology, Montana State University, <http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Pages/CerealSeedTreatment.aspx>.

189 Artículo de Wikipedia (en inglés) sobre el desastre de los cereales envenenados de Basra, http://en.wikipedia.org/wiki/Basra_poison_grain_disaster.

También se agrega acetato de fenilmercurio a la celulosa almacenada para embarque. Casi no hay información que permita saber si esta aplicación del mercurio sigue en uso.

• **Antibióticos de uso tópico:** El mercurocromo, la tintura de mertiolato y otros antibióticos de uso tópico contienen mercurio y han sido utilizados para el tratamiento de heridas en las personas y los animales. Estos antibióticos siguen en uso, especialmente para aplicaciones veterinarias.

7.9 El mercurio en los laboratorios y las escuelas

En los laboratorios escolares y profesionales es frecuente encontrar mercurio elemental, compuestos de mercurio, reactivos que contienen mercurio e instrumentos que contienen mercurio.

En los colegios secundarios ha habido numerosos incidentes graves de envenenamiento por contaminación con mercurio. Un caso digno de mención ocurrió en 2006, en el St. Andrew's School, Parañaque, Filipinas. Los estudiantes encontraron 50 g de mercurio destinados a un experimento de ciencias y comenzaron a jugar con la sustancia. Como resultado, alrededor de 24 estudiantes, en su mayoría de 13 años, fueron hospitalizados para observación por envenenamiento con mercurio. El colegio estuvo cerrado durante meses, mientras expertos locales e internacionales efectuaban la limpieza y descontaminación del edificio.¹⁹⁰ En febrero de 2010, uno de los estudiantes entabló un juicio civil contra su profesor y contra la escuela por la enfermedad contraída para el resto de su vida a causa del envenenamiento con mercurio.¹⁹¹

Poco después, el Departamento de Educación de Filipinas emitió el Memorando N° 160, que reiteraba el llamado del Departamento de Salud a eliminar gradualmente todo el mercurio y los instrumentos que contienen mercurio en los establecimientos e instituciones de salud. Pedía también la revisión de las medidas de seguridad existentes en los laboratorios de ciencias, a fin de garantizar que el mercurio quede excluido de los productos químicos usados habitualmente en el trabajo de laboratorio de los colegios. Ban Toxics, una ONG con sede en Filipinas, miembro de IPEN, intervino para lograr que el Departamento de Educación de Filipinas emitiera esa orden.¹⁹²

190 "There's Something About Mercury," Philippine Center for Investigative Journalism, December 31, 2007, <http://pcij.org/stories/theres-something-about-mercury/>.

191 Correspondencia privada con un dirigente de una ONG filipina.

192 Ibid.

En 2009 ocurrió otro incidente digno de mención, esta vez en un colegio secundario de Estados Unidos, el Agua Fria High School. Los profesores estaban usando mercurio en una clase sobre densidad. Dos estudiantes encontraron una botella grande de mercurio en un estante cercano a sus pupitres, lo abrieron y empezaron a jugar con el mercurio y se llevaron parte de él a sus casas. Al final, la contaminación por mercurio no solo abarcó la escuela sino también un bus escolar, varios hogares y muchos de los artículos personales de los estudiantes. Cientos de estudiantes y miembros del personal resultaron expuestos, los trabajos de limpieza le costaron US\$800.000 al distrito escolar, y el superintendente del colegio renunció a su cargo.¹⁹³

Las historias reproducidas arriba son solo dos ejemplos de alto perfil de un tipo de exposición al mercurio que es demasiado común. Los colegios secundarios no necesitan realizar experimentos y demostraciones que utilicen mercurio. Esta práctica debe prohibirse. Si un colegio, laboratorio u otro establecimiento tiene un historial de uso de mercurio, es posible que aún exista mercurio acumulado en los sumideros del piso o en los sifones de las piletas, incluso cuando la práctica haya sido discontinuada, y esto puede ser un motivo de preocupación.¹⁹⁴

Algunos usos de laboratorio del mercurio pueden ser apropiados cuando los emplean químicos profesionales o estudiantes avanzados de química en los laboratorios de universidades. Sin embargo, podemos y debemos eliminar o reducir en forma importante el uso de mercurio en los laboratorios, porque hay buenas alternativas que pueden reemplazar de manera efectiva la mayoría de los usos del mercurio elemental, de los compuestos de mercurio y de los instrumentos que contienen mercurio. Por ejemplo, los laboratorios usan a veces un dispositivo lleno con mercurio para mantener una atmósfera inerte sobre una mezcla reactiva y para proporcionar alivio de presión. Hay equipos de laboratorio similares, llenos con aceite mineral, y estos son los que los laboratorios deberían usar.¹⁹⁵ Los laboratorios pueden evitar también el uso de la mayoría de los otros equipos e instrumentos que contienen mercurio. Algunos laboratorios usan amalgama de zinc y mercurio como agente reductor, pero también en este caso existen por

193 "How School's Huge Mercury Cleanup Unfolded," *The Arizona Republic*, November 29, 2009, <http://www.azcentral.com/arizonarepublic/news/articles/2009/11/29/20091129mercuryspill1129.html>.

194 "How Do Schools Become Polluted by Mercury?" Minnesota Pollution Control Agency, <http://www.pca.state.mn.us/index.php/topics/mercury/mercury-free-zone-program/mercury-free-zone-program.html?menuid=&missing=0&redirect=1>.

195 "The Glassware Gallery: Bubbler, Lab and Safety Supplies," <http://www.ilpi.com/inorganic/glassware/bubbler.html>.

lo general buenas alternativas.¹⁹⁶ El mercurio también está presente con frecuencia en productos químicos y reactivos de laboratorio, muchos de los cuales tienen buenos sustitutos.

Algunos laboratorios de hospitales y otros laboratorios han decidido liberarse prácticamente de todo el mercurio. Quienes deseen hacerlo deben leer las etiquetas de los envases, las hojas de datos de seguridad de los materiales (HDSM ó MSDS en inglés), y los impresos que vienen con los reactivos. Estos identificarán los compuestos de mercurio agregados intencionalmente a los reactivos. Sin embargo, las HDSM no identifican por lo general el mercurio no incorporado intencionalmente a los productos químicos del laboratorio si la cantidad es menor al 1 por ciento. Este se debe a que a los fabricantes no se les exige habitualmente que informen sobre los componentes peligrosos de un producto si están presentes en concentraciones inferiores a cierto nivel. Sin embargo, los laboratorios y hospitales pueden preguntar a los representantes de ventas y a los fabricantes del producto sobre el mercurio en sus productos y pueden pedir un certificado de análisis u otros datos sobre el contenido de mercurio de los productos de laboratorio.¹⁹⁷

7.10 El mercurio en los cosméticos

Los productos cosméticos como cremas, lociones y jabones se comercializan algunas veces con la promesa de que su uso aclarará el color de la piel o quitará las manchas oscuras. A menudo estos productos contienen mercurio en forma de cloruro de mercurio y/o mercurio amoniacal. Ambos productos son carcinogénicos. Los cosméticos para aclarar la piel que no contienen mercurio, a menudo contienen hidroquinona ($C_6H_6O_2$), que también es altamente tóxica.¹⁹⁸

Por lo general, mientras más pigmento melanina tiene una persona en su piel, más oscura es ésta. Los cosméticos que contienen compuestos de mercurio o hidroquinona hacen que la piel se aclare, inicialmente, al inhibir la producción de melanina. En el largo plazo, sin embargo, estos productos llenan la piel de manchas, lo que a su vez hace que la persona use más cantidad del producto, en un esfuerzo por emparejar el color de la piel. Los

196 Artículo de Wikipedia (en inglés) sobre agentes reductores, http://en.wikipedia.org/wiki/Reducing_agent.

197 "Mercury in Health Care Lab Reagents," Minnesota Technical Assistance Program, <http://www.mntap.umn.edu/health/92-mercury.htm>.

198 Super Jolly, "Skin Lightening Products . . .," Black History 365, http://www.black-history-month.co.uk/articles/skin_lightening_products.html.

cosméticos que contienen mercurio fueron prohibidos en muchos países, pero aún siguen disponibles a través de la venta clandestina. Parecen ser especialmente populares en muchos países asiáticos y africanos.¹⁹⁹

Un estudio sugiere que muchas mujeres de los países africanos usan estos productos en forma regular, incluyendo el 25 por ciento de las mujeres de Mali, el 77 por ciento de las mujeres de Nigeria, el 27 por ciento de las mujeres de Senegal, el 35 por ciento de las mujeres de Sudáfrica y el 59 por ciento de las mujeres de Togo. En una encuesta realizada en 2004, el 38 por ciento de las mujeres de Hong Kong, Corea, Malasia, Filipinas y Taiwán señalaron que usan productos para aclarar la piel. Muchas mujeres utilizan estos productos durante largos períodos, a veces durante 20 años.²⁰⁰

En 1999, la Oficina de Normas de Kenia emitió un comunicado público para informar y educar a los consumidores sobre los efectos nocivos del mercurio, la hidroquinona y las preparaciones hormonales y agentes oxidantes contenidos en algunos productos cosméticos disponibles en el mercado. En 2004 la Agencia Indonesia de Control de Alimentos y Drogas (BPOM) formuló una advertencia contra 51 productos de belleza que contenían mercurio. Muchos eran importados, pero en 2006 la policía decomisó 200 cajas de productos cosméticos que contenían mercurio en una pequeña empresa manufacturera de Jakarta Occidental. En 2005, el Departamento de Salud y Salud Mental de la ciudad de Nueva York emitió un alerta de salud recomendando que los neoyorquinos dejaran inmediatamente de usar todas las cremas y jabones para aclarar la piel que coloquen el mercurio como uno de sus ingredientes, al igual que cualquier producto cosmético que no tenga una lista de ingredientes en la etiqueta.²⁰¹

Un estudio realizado por las ONG de la red de IPEN encontró mercurio en varios productos para aclarar la piel vendidos en México. De siete productos analizados, cuatro contenían cantidades detectables de mercurio, y de estos, uno contenía 1,325 partes por millón (ppm). Todos los productos sometidos a prueba venían con una lista de sus ingredientes, pero ninguna incluía el mercurio como un ingrediente.²⁰²

199 Ibid.

200 "Mercury in Products and Wastes," UNEP Mercury Awareness Raising Package, http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness_raising_package/C_01-24_BD.pdf (nota: El documento del PNUMA no proporciona la referencia correspondiente a los estudios y encuestas propiamente tales).

201 Ibid.

202 "Market Analysis of Some Mercury-Containing Products and Their Mercury-Free Alternatives in Selected Regions," conducted by IPEN, Amika and GRS, 2010, <http://www.ipen.org/ipenweb/documents/ipen%20documents/grs253.pdf> (Las muestras fueron tomadas por el Centro de Análisis y Acción en Tóxicos y sus Alternativas (CAATA) en México, ver www.caata.org)

Un diario de Chicago realizó pruebas con las cremas para aclarar la piel que se vendían en las tiendas locales y encontró que seis de ellas contenían mercurio a niveles que constituían una violación de las ley federales de Estados Unidos. Estas seis venían de China, India, Líbano y Pakistán, y algunas se vendían en tiendas con clientela específica de estas comunidades de inmigrantes. Cinco de las cremas contenían más de 6.000 ppm de mercurio y una de ellas, fabricada en Pakistán, contenía casi 30.000 ppm. Este producto era una crema blanca etiquetada como Stillman's Skin Bleach Cream. Se informó que el dueño de la tienda dijo que traía esa crema porque el producto es tan popular en Pakistán.²⁰³

Hasta este momento, en 2010, la Administración de Alimentos y Drogas de Filipinas ha prohibido 23 productos importados para aclarar la piel que la agencia describió como “inminentemente perjudiciales, inseguros, o peligrosos” por contener impurezas y contaminantes por encima de los límites reglamentarios. El umbral permisible para el mercurio es 1 ppm.

Una directiva del año 2000 de la Unión Europea estipula que el mercurio y sus compuestos no pueden estar presentes como ingredientes en los cosméticos, incluyendo jabones, lociones, champús y productos blanqueadores de la piel (excepto las sales fenilmercurícas para la conservación del maquillaje para los ojos y los productos para quitar el maquillaje para los ojos en concentraciones que no excedan el 0,007 por ciento peso en peso).²⁰⁴

Aunque muchas jurisdicciones tienen leyes que prohíben el uso de cremas y jabones para la piel que contengan mercurio, la mayoría ha tenido dificultades para hacer cumplir estas leyes.

Pocas jurisdicciones prohíben el uso de pequeñas cantidades de compuestos de mercurio en productos de maquillaje para los ojos, como el rímel, y el mercurio todavía se encuentra en muchos de estos productos. Los compuestos de mercurio se usan en los productos de maquillaje para los ojos como germicidas y preservantes, y hacen que los productos duren más.²⁰⁵ Aunque algunos fabricantes han quitado el mercurio de algunos productos de rímel en respuesta a las peticiones de los consumidores,

203 “Some Skin Whitening Creams Contain Toxic Mercury, Testing Finds,” *Chicago Tribune*, May 19, 2010, <http://www.chicagotribune.com/health/ct-met-mercury-skin-creams-20100518,0,7324086,full.story>.

204 “Mercury in Products and Wastes,” UNEP Mercury Awareness Raising Package, citado más arriba.

205 “Mercury. . . In Your Mascara?” Planet Green, <http://planetgreen.discovery.com/food-health/mercury-mascara.html>.

la mayoría de las jurisdicciones aún permite la venta de productos de maquillaje que contienen compuestos de mercurio agregados. Una excepción es el estado de Minnesota, Estados Unidos, donde una ley promulgada en 1997 prohibió completamente todo el mercurio agregado en forma intencional a los cosméticos, incluyendo el rímel y los delineadores de ojos.²⁰⁶

7.11 El mercurio en la medicina

Los doctores han utilizado con frecuencia los compuestos de mercurio como medicamentos.

Calomel

Los médicos han usado el cloruro de mercurio (Hg_2Cl_2), o calomel, por lo menos desde el siglo dieciséis para tratar la malaria y la fiebre amarilla. Una preparación llamada chocolate para gusanos o dulce para gusanos se le daba a los pacientes infestados con gusanos parásitos.²⁰⁷ Durante el siglo diecinueve e inicios del siglo veinte, muchos médicos siguieron usando calomel como purgante, catártico y estimulante hepático.²⁰⁸ A menudo los padres les daban a los lactantes polvos para la dentición que contenían calomel.²⁰⁹

Los doctores siguieron recomendando el uso de calomel en la década de 1950 en Estados Unidos, el Reino Unido y en todas partes, para tratar la dentición infantil y la constipación. La exposición al mercurio por la ingestión de calomel causaba a menudo una enfermedad común entre los lactantes y los niños llamada acrodinia, o enfermedad rosada. En 1950 la acrodinia era responsable de más del 3 por ciento de las admisiones en las salas de niños de los hospitales de Londres. Los registros estadísticos confirman la muerte de 585 niños por la enfermedad rosada entre 1939 y 1958, en Inglaterra y Gales.²¹⁰ El calomel no fue retirado de la British Pharmacopoeia hasta 1958. La edición de 1967 del libro *United States Dispensatory and Physicians' Pharmacology* incluye el calomel como un medicamento y no como un veneno. Después que se discontinuó el uso infantil de calomel, la enfermedad rosada prácticamente desapareció.²¹¹

206 "Mercury in Mascara? Minnesota Bans It," MSNBC, December 14, 2007, <http://www.msnbc.msn.com/id/22258423/>.

207 "Unregulated Potions Still Cause Mercury Poisoning," *Western Journal of Medicine*, July 2000, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1070962/>.

208 *Columbia Encyclopedia* on mercurous chloride, <http://www.answers.com/topic/calomel-1>.

209 "The History of Calomel as Medicine in America," The Weston A. Price Foundation, 2009, <http://www.westonaprice.org/environmental-toxins/1446>.

210 "Unregulated Potions Still Cause Mercury Poisoning," *Western Journal of Medicine*, citado más arriba.

211 "The History of Calomel as Medicine in America," The Weston A. Price Foundation, citado más arriba.

Uso farmacéutico del calomel en Occidente

Los doctores de la tradición médica occidental recetaron el uso de calomel y de otros compuestos de mercurio a sus pacientes hasta bien avanzado el siglo veinte. La siguiente es una cita sobre los usos farmacológicos del calomel incluida en la edición de 1911 de la *Encyclopedia Britannica*:

“El Calomel posee ciertas propiedades y usos especiales en medicina. . . . El Calomel ejerce acciones remotas en forma de cloruro mercuríco. El valor específico del cloruro mercurioso es que ejerce las valiosas propiedades del cloruro mercuríco de manera más segura y menos irritante, ya que la sal activa se genera en forma fresca y continua en pequeñas cantidades. . . .

“Externamente la sal [calomel] no tiene ninguna ventaja particular sobre otros compuestos mercuriales. . . . Internamente la sal es dada en dosis —para un adulto desde medio a cinco granos. Es un aperiente [laxante] admirable, que actúa especialmente en la parte superior del canal intestinal y causa un leve aumento de la secreción intestinal. Como la acción estimulante ocurre bien arriba en el canal (duodeno y yeyuno), es bueno acompañar la dosis de calomel con un purgante salino unas horas más tarde. . . .

“La sal [calomel] se usa frecuentemente en el tratamiento de la sífilis, pero probablemente es menos útil que algunos otros compuestos mercuriales. También se emplea para fumigación; el paciente se sienta desnudo, con una frazada encima, en una silla con fondo de bambú, bajo la cual se volatilizan veinte granos de calomel mediante una lámpara de alcohol; en alrededor de veinte minutos el calomel es absorbido eficazmente por la piel.”²¹²

Mercurocromo

El antiséptico mercurocromo todavía se vende en las farmacias de muchos países y se aplica en los cortes y heridas para prevenir las infecciones. Este antiséptico se comercializa bajo muchos otros nombres, incluyendo Merbromina, Cinfacromín, Mercutina, Mercurín, Mercrotona, Mercromina, Mercuresceine, Antisep, Super Cromer Orto, Brocasept y otros. El producto comercial contiene por lo general un 2 por ciento del compuesto de mercurio y bromo llamado merbromina ($C_{20}H_9Br_2HgNa_2O_6$) mezclado con agua o alcohol.

El mercurocromo ya no se vende en el mercado minorista en Estados Unidos debido a la preocupación por la toxicidad del mercurio, pero aún se pueden comprar cantidades a granel de merbromina en las casas proveedoras de productos químicos de Estados Unidos. Este antiséptico

212 Artículo (en inglés) sobre el Calomel en la edición de 1911 de la *Encyclopedia Britannica*, <http://www.1911encyclopedia.org/Calomel>.

con contenido de mercurio aún se vende y se usa mucho en aplicaciones humanas y veterinarias en Australia y en la mayoría de los países.

El mercurio en los medicamentos tradicionales

El cinabrio (un mineral natural que contiene sulfuro de mercurio) se ha usado en la medicina tradicional china por miles de años, como ingrediente de diversos remedios. A veces se le llama también zhu sha o rojo de China. Según la Pharmacopoeia of China, todavía se usan allí cuarenta medicamentos tradicionales que contienen cinabrio. Un estudio sugiere que debido a que el cinabrio es insoluble en agua y mal absorbido en el tracto gastro intestinal, muestra menos toxicidad que otras formas de mercurio, aunque quienes lo usan durante largo tiempo pueden sufrir enfermedades renales. Sin embargo, los autores del estudio indican que las razones lógicas para seguir incluyendo el cinabrio en los medicamentos tradicionales chinos no están plenamente justificadas.²¹³ Un sitio de Internet que vende zhu sha con fines medicinales, asegura que tranquiliza la mente y trata la irritabilidad, el insomnio y la somnolencia, al igual que la irritación de la garganta y las aftas bucales.²¹⁴

En el pasado, también el calomel se usaba en la medicina china tradicional, pero esos uso han sido reemplazados en su mayor parte por terapias más seguras. En la Pharmacopoeia of China no figura actualmente ningún remedio chino oral que contenga calomel.²¹⁵

Existe una larga tradición de ingerir mercurio con fines medicinales en la práctica hindú del Ayurveda y en la alquimia tántrica y el Siddha. El Vagbhata, que viene del siglo sexto de la era cristiana, recomienda usos internos del mercurio con fines terapéuticos. Se dice que el viajero italiano Marco Polo, quien visitó la India a fines del siglo trece, encontró a yoguis que vivían largas y saludables vidas porque consumían una bebida hecha de mercurio y azufre. Los medicamentos indios tradicionales denominados kajjali y rasasindoor, que contienen mezclas de mercurio y azufre, aún se usan para tratar la diabetes, las enfermedades del hígado, la artritis y las enfermedades respiratorias.²¹⁶

213 Jie Liu et al., "Mercury in Traditional Medicines: Is Cinnabar Toxicologically Similar to Common Mercurials?" *Experimental Biology and Medicine*, 2008, <http://ebm.rsmjournals.com/cgi/content/full/233/7/810>.

214 Cinnabar (Zhu Sha), TCM China, <http://www.tcm-treatment.com/herbs/0-zhusha.htm>.

215 Jie Liu et al., "Mercury in Traditional Medicines," citado más arriba.

216 Ayurveda Under the Scanner, *Frontline*, April 2006, <http://www.thehindu.com/line/fl2307/stories/20060421004011200.htm>.

Según se informa, las cápsulas de mercurio conocidas como azogue aún se venden en algunos lugares de México y se usan como remedio para la indigestión o la gastroenteritis, percibidas como bloqueo estomacal o intestinal (empacho).²¹⁷

Timerosal

El timerosal es un compuesto que contiene mercurio y que se utiliza para prevenir el crecimiento de bacterias y hongos. Otros nombres que se usan para este compuesto son mertiolato, mercuriotiolato, ácido etimercuritiosalicílico, y 2-(etilmercurioto) benzoato de sodio. La fórmula química del timerosal es $C_9H_9HgN_aO_2S$.²¹⁸

El timerosal se usa ampliamente en las vacunas y puede usarse también en otras aplicaciones médicas como test cutáneos, gotas para los ojos y la nariz, y envases multi-uso para guardar soluciones, como los que se usan para los lentes de contacto. También se puede usar en tintas para tatuajes.²¹⁹ Antes del año 2000, en Estados Unidos, los fabricantes de soluciones para lentes de contacto descontinuaron voluntariamente el uso de timerosal en estos productos. Es posible, sin embargo, que esta práctica continúe en otros países.

El timerosal está presente a veces en los flujos de residuos de los hospitales, laboratorios clínicos e industrias farmacéuticas, y esto puede llevar a la necesidad de hacer limpiezas ambientales.²²⁰

El uso de timerosal en las vacunas infantiles se ha transformado en objeto de controversia.

El timerosal en las vacunas

Algunas vacunas no contienen timerosal. Algunas de ellas son las vacunas en envases de dosis única y las vacunas cuya eficacia podría verse afectada por el timerosal. En algunas vacunas, el timerosal se usa durante el proceso de producción pero no es agregado al producto final. Estas vacunas habitualmente contienen cantidades traza

217 "Cultural Uses of Mercury," UNEP Mercury Awareness Raising Package, http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness_raising_package/G_01-16_BD.pdf.

218 "Exposure to Thimerosal in Vaccines Used in Canadian Infant Immunization Programs," Public Health Agency of Canada, 2002, <http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/ccdr-rmtc/02vol28/dr2809ea.html>.

219 Artículo (en inglés) sobre el timerosal de Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Thiomersal>.

220 "Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water," U.S. EPA Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, citado más arriba.

de timerosal de menos de 0,5 microgramos por dosis. En otras vacunas el timerosal ha sido agregado al producto final para evitar la contaminación con microorganismos. Estas vacunas tienen habitualmente concentraciones de timerosal de entre 10 microgramos y 50 microgramos por dosis.²²¹

El timerosal se agrega a veces a las vacunas durante la fabricación, para evitar el crecimiento microbiano. Sin embargo, con los cambios experimentados por la tecnología de fabricación, ha disminuido la necesidad de agregar preservantes durante el proceso de fabricación. El timerosal se agrega a los viales multidosis de vacunas para evitar que las vacunas se contaminen con patógenos cuando se insertan múltiples agujas en un mismo contenedor. Por ejemplo, existe un caso ocurrido antes de que las vacunas incluyeran preservantes, en el cual los niños vacunados murieron tras ser inyectados con una vacuna contaminada con bacterias (estafilococos) vivas. Una comisión real británica investigó el incidente y recomendó que los productos biológicos en los cuales es posible el crecimiento de un organismo patógeno, no deben ser suministrados en contenedores para uso repetido, a menos que haya una concentración suficiente de antiséptico (preservante) para inhibir el crecimiento bacteriano. En la actualidad, el uso de un preservante en las vacunas en viales multidosis es una práctica aceptada a nivel internacional.²²²

A fines de la década de 1990, en respuesta a un nuevo mandato legislativo y a las preocupaciones de los padres de familia, la Administración de Alimentos y Drogas de Estados Unidos inició una investigación sobre el timerosal contenido en las vacunas. La FDA encontró que a la edad de 6 meses, un lactante de ese país podría haber recibido hasta 187,5 microgramos de mercurio a través de las vacunas que contienen timerosal.

* En 1999, en respuesta a esos hallazgos, los Centros para el Control y Prevención de las Enfermedades (CDC), de Estados Unidos, y la Academia Estadounidense de Pediatría (AAP) emitieron una declaración conjunta de advertencia. Pidieron a las empresas farmacéuticas quitar el timerosal de las vacunas con la mayor rapidez posible y, en el intertanto, pidieron a los médicos que atrasaran la dosis de vacuna contra la hepatitis B que se coloca a los recién nacidos, para los niños que no estuvieran en riesgo de sufrir de hepatitis.²²³ Esta declaración se basó en la precaución y en la evidencia de que el metilmercurio y muchos otros compuestos de mercurio eran neurotoxinas documentadas. En esa época, sin embargo, había pocos o casi ningún estudio relevante sobre el etilmercurio y ningún estudio indicativo de daños causados a los lactantes por la exposición al timerosal en las vacunas.

En 1999, la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) emitió también una declaración sobre el timerosal en las vacunas infantiles. La Agencia concluyó que no había evidencia de daños causados a los niños por el nivel de timerosal en las vacunas que entonces se

221 "Thiomersal and Vaccines: Questions and Answers," World Health Organization, 2006, http://www.who.int/vaccine_safety/topics/thiomersal/questions/en/.

222 "Thiomersal in Vaccines," U.S. Food and Drug Administration, <http://www.fda.gov/BiologicsBloodVaccines/SafetyAvailability/VaccineSafety/UCM096228#thi>.

223 * El lactante podía recibir hasta 75 microgramos en las tres dosis de la vacuna para la difteria, el tétano y la tos ferina; 75 microgramos en las tres dosis de la vacuna para la *Haemophilus influenzae* tipo b, y 37,5 microgramos en las tres dosis de la vacuna para la hepatitis B.

empleaban. La EMA, sin embargo, pidió que se adoptaran medidas de precaución, como promover el uso general de vacunas sin timerosal u otros preservantes con contenido de mercurio, y trabajar a favor de la eliminación de estos preservantes por parte de los fabricantes.²²⁴

Desde 1999, la controversia sobre el timerosal ha ido en aumento. Muchos padres creen que la exposición de los lactantes al timerosal en las vacunas contribuye al autismo y otras alteraciones en el desarrollo cerebral. Esto parece haber surgido, en parte, por el aumento notable de la incidencia de autismo en las décadas de 1980 y 1990. Además, la creciente toma de conciencia de que el mercurio es una neurotoxina grave ha hecho que muchos padres cuestionen las razones por las que se les inyecta mercurio a sus bebés. Grupos de padres y otros sectores citan estudios en la literatura que según ellos respaldan o sugieren una conexión entre el timerosal y el autismo. Estas alegaciones, sin embargo, han sido cuestionadas.²²⁵

La comunidad médica rechaza en forma amplia la conclusión de que existe una conexión entre el timerosal y las enfermedades neurológicas en la infancia. En 2004, el Comité de Examen de la Seguridad de las Inmunizaciones del Instituto de Medicina de los Estados Unidos publicó un informe que examinaba la hipótesis de que las vacunas tienen una relación de causalidad con el autismo. La conclusión fue que la evidencia favorece el rechazo de una relación causal entre las vacunas que contienen timerosal y el autismo.²²⁶ También en 2004, el Comité de Medicamentos de Uso Humano (CHMP) de la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) concluyó que los últimos estudios epidemiológicos no muestran una asociación entre la vacunación con vacunas que contienen timerosal y enfermedades específicas del neurodesarrollo.²²⁷ La posición de la Comisión de Medicamentos de Uso Humano del Reino Unido es que no hay evidencia de efectos adversos para el neurodesarrollo causados por los niveles de timerosal en las vacunas, excepto un pequeño riesgo de reacciones de hipersensibilidad tales como sarpullidos en la piel o hinchazón local en el sitio de la inyección.²²⁸ El Comité Consultivo Mundial sobre Seguridad de las Vacunas de la Organización Mundial de la Salud concluyó que actualmente no hay evidencia de toxicidad por mercurio en los lactantes, los niños o los adultos expuestos al timerosal de las vacunas.²²⁹

La importancia de la vacunación para prevenir las enfermedades está bien documentada. La preocupación por los efectos secundarios de las vacunaciones ha dado como resultado, en algunos países desarrollados, una disminución de la tasa de vacunación, y esto ha contribuido a que se produzcan brotes de sarampión y de otras enfermedades,

224 Paul A. Offit, "Thimerosal and Vaccines—A Cautionary Tale," *The New England Journal of Medicine*, 2007, <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMp078187>.

225 Gary L. Freed et al., "Policy Reaction to Thimerosal in Vaccines: A Comparative Study of the United States and Selected European Countries," *Gates Children's Vaccine Program*, http://www.path.org/vaccineresources/files/thimerosal_decision.pdf.

226 Artículo de Wikipedia (en inglés) sobre la controversia en torno al timerosal, http://en.wikipedia.org/wiki/Thiomersal_controversy.

227 "Thimerosal in Vaccines," U.S. Food and Drug Administration, <http://www.fda.gov/biologicsbloodvaccines/safetyavailability/vaccinesafety/ucm096228.htm>.

228 Thiomersal— Frequently Asked Questions, Irish Health Protection Surveillance Centre, <http://www.ndsc.ie/hpsc/A-Z/VaccinePreventable/Vaccination/Thiomersal/Factsheet/File,3948,en.pdf>.

229 "Thiomersal (Ethylmercury) Containing Vaccines," U.K. Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency, 2010, <http://www.mhra.gov.uk/Safetyinformation/Generalsafetyinformationandadvice/Product-specificinformationandadvice/Thiomersal%28ethylmercury%29containingvaccines/index.htm>.

además de un aumento de las complicaciones graves. Por consiguiente, existe una preocupación importante dentro de la comunidad de salud pública y en todos lados de que la controversia en torno al timerosal en las vacunas pueda tener consecuencias graves para la salud infantil.

Muchos países industrializados parecen estar avanzado hacia el uso de vacunas en envases monodosis y están eliminando gradualmente el timerosal de las vacunas. Hacer esto a nivel mundial puede tomar tiempo debido a las dificultades asociadas al reemplazo de vacunas en envases multidosis por vacunas en envases monodosis. También hay dificultades con el cambio de la formulación de una vacuna con licencia. Reemplazar el timerosal por una alternativa libre de mercurio durante la producción, o no agregar timerosal al producto final va a requerir, por lo general, una etapa de investigación y desarrollo, y también un nuevo proceso de otorgamiento de licencia que incluye una serie de pruebas preclínicas y clínicas.²³⁰ Pese a ello, se han hecho avances.

Según una hoja informativa preparada por una coalición de ONG europeas, el Laboratorio Central Nacional del Sistema de Salud de Dinamarca no ha usado timerosal en las vacunas para niños desde 1992. El Programa de Vacunación Infantil de Suecia no ha usado preservantes a base de mercurio en las vacunas desde 1994. Y el Departamento de Salud del Reino Unido anunció en 29004 que ya no usaría timerosal en las vacunas para lactantes.²³¹ En Estados Unidos, las vacunas para lactantes recomendadas casi rutinariamente solo están disponibles en formulaciones libres de timerosal o en formulaciones que contienen menos de 1 microgramo de timerosal por dosis. La única excepción es la vacuna inactivada de la influenza, que está disponible principalmente para uso pediátrico en Estados Unidos, en una formulación que sí contiene timerosal. Sin embargo, hay otras formulaciones disponibles de esta vacuna que no contienen timerosal o que contienen solo trazas de timerosal.²³²

La situación en el mundo en desarrollo es bastante diferente, pues parece existir un escaso impulso hacia la eliminación gradual de timerosal de las vacunas en la mayoría de los países. En muchos de ellos es difícil o imposible movilizar los recursos necesarios para inmunizar a todos los lactantes y los niños, y esto ha hecho surgir cuestionamientos en torno al desvío de recursos para la eliminación gradual de las vacunas con timerosal. La sustitución de las vacunas que contienen timerosal por alternativas libres de mercurio puede resultar especialmente problemática en los países donde las vacunas que se fabrican localmente contienen timerosal y son mucho menos costosas que las vacunas importadas, libres de timerosal, que las sustituyen.²³³

Otra consideración importante es si las vacunas usadas para la inmunización deben suministrarse en envases monodosis o en envases multidosis. En muchos casos es importante que los envases multidosis contengan un preservante como el timerosal a modo de protección contra la contaminación derivada de las múltiples agujas que

230 "Thiomersal and Vaccines: Questions and Answers," World Health Organization, citado más arriba.

231 Ibid.

232 "Mercury and Vaccines Fact Sheet," Stay Healthy, Stop Mercury Campaign, 2006, http://www.env-health.org/IMG/pdf/Mercury_and_vaccines.pdf.

233 "Thiomersal and Vaccines: Questions and Answers," World Health Organization, citado más arriba.

extraen la vacuna del envase. El uso de un preservante tiene menor importancia cuando se usa un envase monodosis. La OMS argumenta que el suministro de vacunas en envases monodosis demandará un aumento significativo de la capacidad de producción y vendrá acompañado de un alto costo. La OMS señala también que los envases monodosis necesitan espacios de almacenamiento en frío mucho más grandes y aumentan los requerimientos en materia de transporte. Dado que la OMS determinó que muchos países en desarrollo tienen una capacidad de producción insuficiente y una infraestructura insuficiente para el transporte y almacenamiento de las vacunas en condiciones de cadena de frío, se llegó a la conclusión de que los costos y cargas adicionales hacen inviables las vacunas en envases monodosis para la mayoría de los países.^{234,235}

Pese a que la OMS y otras instituciones han presentado argumentos poderosos para no avanzar hacia la eliminación del timerosal en el mundo en desarrollo, muchas ONG y organizaciones de la sociedad civil están desconformes con esta situación como perspectiva a largo plazo. Están conscientes de que la comunidad médica mundial muchas veces ha sido lenta en reconocer el daño causado a la salud humana por la exposición a otras sustancias tóxicas, a dosis bajas. Por ejemplo, en una época tan reciente como es la década de 1960, la comunidad médica aún no tenía estudios o datos que mostraran claramente que los niños con altos niveles de plomo en la sangre, de hasta 50 microgramos por decilitro, estaban sufriendo un serio envenenamiento por plomo. Hoy se reconoce que los niños con niveles de plomo en la sangre de 5 microgramos por decilitro o menos sufren efectos nocivos. Con esta perspectiva histórica en mente, hay quienes hallan difícil conformarse con las seguridades brindadas por la comunidad médica de que no hay ninguna asociación conocida entre las vacunas que contienen timerosal y los daños en el desarrollo neurológico infantil.

A medida que muchos países altamente industrializados avanzan hacia la eliminación gradual del timerosal en las vacunas infantiles, resulta difícil para muchas ONG y otros grupos aceptar el doble estándar de que esta no debería ser también la meta para los países en desarrollo. Entre las formas en que se puede avanzar están la investigación sobre preservantes efectivos, libres de mercurio, que reemplacen el timerosal, y el apoyo a los fabricantes de vacunas de los países en desarrollo para que puedan producir buenas vacunas, de bajo costo, libres de mercurio. Un convenio global de control del mercurio puede ser un vehículo para promover éstas y otras medidas.

7.12 El mercurio en los productos culturales, los medicamentos tradicionales y la joyería

El mercurio se usa ampliamente en las prácticas culturales y religiosas. En la práctica Hindú, el mercurio se encuentra en un material denominado

234 Mark Biggam, "Thiomersal in Vaccines: Balancing the Risk of Adverse Effects with the Risk of Vaccine-Preventable Disease," *Drug Safety*, 2005, <http://adisonline.com/drugsafety/pages/articleviewer.aspx?year=2005&issue=28020&article=00001&type=abstract>.

235 "Thiomersal and Vaccines: Questions and Answers," World Health Organization, citado más arriba.

Parad, con el cual se elaboran las reliquias religiosas. El mercurio se utiliza en los ritos de varias religiones de América Latina y el Caribe, incluyendo el Candomblé, Espiritismo, Palo Mayombé, Santería, Vudú y Yoruba Orisha. También se usa en medicamentos y joyería y en otras prácticas culturales.²³⁶

Las personas pueden tener mercurio en depósitos, tales como ollas o calderos, para purificar el aire. En algunas culturas la gente rocia mercurio en la puerta de una casa para proteger a sus habitantes. Algunos lo usan con agua y un trapeador para limpiar espiritualmente una vivienda. Y algunos usan mercurio en las lámparas de aceite y en las velas para alejar a los malos espíritus, atraer la buena suerte, el amor o el dinero, o para acelerar otros hechizos. La gente también guarda mercurio en amuletos, ampollas, viales o bolsitas que llevan consigo o que usan alrededor del cuello.²³⁷

El Parad es una amalgama de mercurio y otros metales que se utiliza para confeccionar reliquias destinadas al culto, en la tradición Hindú. Tradicionalmente se hacen de plata y mercurio, pero es frecuente en estos días que se hagan de mercurio y estaño, con cantidades traza de otros metales. Un estudio comprobó que el contenido de mercurio del Parad era casi del 75 por ciento. Diversos objetos religiosos se hacen de Parad y se venden en los mercados de la India, incluyendo cuentas que se usan alrededor de la cintura o del cuello, tazas usadas para beber leche (amrit) en forma ritual, estatuas que representan a los Dioses (Shivlings), y otros objetos. La India tiene muchos templos de Shiva que tienen Shivlings hechos de Parad. Un estudio realizado por Toxics Link, una ONG de la India, encontró que el mercurio se filtra desde el Parad a la leche, lo que puede exponer a quienes siguen la tradición de beber leche en una taza de Parad o beber leche en la que ha estado sumergida una reliquia de Parad.²³⁸

239

El mercurio también se ha utilizado en obras de arte occidental. La más famosa de ellas es la Fuente de Mercurio, de Calder, que se halla en el museo de la Fundación Joan Miró, en Barcelona, España. El gobierno español comisionó al artista estadounidense Alexander Calder para construir esta fuente como un monumento a la mina de mercurio de Almadén y

236 "WHO Informal Meeting on Removal of Thiomersal from Vaccines and Its Implications for Global Vaccine Supply," 2002, <http://www.aapsonline.org/iom/who.pdf>.

237 D.M. Riley et al., "Assessing Elemental Mercury Vapor Exposure from Cultural and Religious Practices," *Environmental Health Perspectives* 109, no. 8, 2001, p. 779-84, <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1240404&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

238 "Cultural Uses of Mercury," UNEP Mercury Awareness Raising Package, citado más arriba.

239 Ibid.

presentarla en la Feria Mundial de 1937. En lugar de utilizar agua, la fuente bombea y hace circular aproximadamente cinco toneladas métricas de mercurio elemental puro. La fuente está instalada detrás de una cubierta de vidrio, como medida de protección para evitar que los visitantes toquen el mercurio o respiren sus gases.²⁴⁰

Las joyas de mercurio que pudieron haber sido producidas originalmente como amuletos o talismanes, a veces van a parar al mercado general. Por ejemplo, unos collares que contenían mercurio y que se pensó que procedían de México, comenzaron a aparecer en colegios de Estados Unidos y posiblemente en otros lugares. Un informe indica que los collares están formados por cuentas unidas en una cadena, cuerda o tira de cuero y por un pendiente de vidrio que contiene entre tres gramos y cinco gramos de mercurio. El mercurio es visible, como un grumo de líquido plateado que gira en el hueco de un pendiente de vidrio. El pendiente de vidrio puede tener distintas formas, tales como corazones, botellas, dientes de sable y pimientos picantes; y a veces los pendientes también contienen un líquido de color brillante junto con el mercurio.^{241, 242}

240 "Mercury: Poison in Our Neighbourhood," Toxics Link, 2006, <http://www.toxicslink.org/mediapr-view.php?pressrelnum=30>.

241 Calder Mercury Fountain, Atlas Obscura, <http://atlasobscura.com/place/calder-mercury-fountain-fundacio-joan-miro>.

242 "School Health Alert About Mercury in Necklaces," Oregon State Government Research & Education Services, 2009, <http://www.oregon.gov/DHS/ph/res/mercalert.shtml#look>.

8. Fuentes intencionales: El mercurio en la minería y en los procesos industriales

Existen tres actividades mineras y procesos industriales que usan mercurio y liberan grandes cantidades en el medio ambiente. Estas son la minería de oro artesanal y en pequeña escala (MAPE de oro), el uso de catalizadores de mercurio en la producción de sustancias químicas, y las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio.

8.1 Uso de mercurio en la minería artesanal y en pequeña escala

La minería de oro, ya sea en gran escala o en pequeña escala, libera mercurio en el medio ambiente. Sin embargo, la mayor parte de las emisiones de la minería de oro en gran escala son el resultado de las impurezas de mercurio en el mineral de oro mismo. Por otra parte, los mineros en pequeña escala compran y utilizan mercurio elemental, que luego se libera en el medio ambiente durante el proceso de extracción y refinación del mineral. De todos los usos intencionales del mercurio, la minería de oro artesanal y en pequeña escala parece ser, con mucho, la mayor fuente mundial de contaminación por mercurio. Esta práctica también causa graves daños a los mineros y a sus familias y deteriora gravemente los ecosistemas locales y regionales.

Los mineros artesanales de oro tienden a trabajar en forma individual o en pequeños grupos, en los lugares remotos donde existen los minerales que contienen oro. Luego de concentrar el oro mediante técnicas de separación tales como el lavado [en platones o bateas], los mineros mezclan con mercurio elemental la combinación restante de oro, tierra, arenas o sedimentos para concentrar más el oro y crear una amalgama de mercurio y oro. En seguida, los mineros quitan por presión el exceso de mercurio de la amalgama, a fin de separar con mayor rapidez la amalgama rica en oro. Los mineros calientan la amalgama, y al evaporarse el mercurio, queda un oro bastante puro. Este proceso permite que el minero quede en control del

oro hasta que decida venderlo. También mantiene los costos al mínimo y el minero puede obtener su ganancia en cualquier momento.

Para instalar una operación de minería artesanal de oro se necesita apenas un mínimo de conocimiento experto y de inversión. Con el precio del oro llegando a US\$1.250 la onza, y el precio del mercurio aún relativamente bajo, la minería artesanal de oro resulta atractiva, especialmente en zonas de alta pobreza y desempleo, y de manera particular, entre personas que han sufrido desastres económicos o ambientales. La minería de oro en pequeña escala se practica en 55 países. El PNUMA calcula que entre 10 y 15 millones de personas de todo el mundo están involucradas activamente en la minería de oro en pequeña escala, y otros 85 a 90 millones de personas dependen indirectamente de ella. Los mineros en pequeña escala producen entre el 20 por ciento y el 30 por ciento de todo el oro que se extrae en la minería –aproximadamente 500 a 800 toneladas métricas de oro al año. Con frecuencia estas operaciones mineras son ilegales o no están reguladas, y los mineros habitualmente son pobres y tienen escasos o ningún conocimiento de los peligros de la exposición al mercurio.²⁴³ En algunos países, la mayor parte de la minería de oro está a cargo de mineros artesanales y en pequeña escala. Por ejemplo, en Filipinas, el 75 por ciento de todo el oro extraído corresponde a la actividad de personas individuales y de pequeños operadores.

Se calcula que las operaciones de la minería de oro artesanal y en pequeña escala consumen entre 650 y 1.000 toneladas métricas de mercurio cada año. Parte de este mercurio se libera directamente en el aire, especialmente si el mercurio no se almacena en forma adecuada o no se recupera adecuadamente durante la separación de la amalgama. El resto se pierde por derrames, manejo descuidado y por otros medios, y el mercurio acaba contaminando los suelos o es liberado directamente en los sistemas acuáticos. Los residuos de los suelos contaminados con mercurio también pueden escurrir hacia los sistemas acuáticos. El resultado es una extensa contaminación de los ecosistemas en torno a las operaciones mineras artesanales y en pequeña escala. El mercurio elemental que se encuentra en los suelos contaminados o en los sistemas acuáticos puede volatilizarse posteriormente en el aire y sumarse al mercurio atmosférico a nivel mundial.^{244,245}

243 Mercury Legacy Products: Jewelry, NEWMOA, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/novelty.cfm>.

244 "The Global Atmospheric Mercury Assessment," UNEP, citado más arriba.

245 Ibid.

Algunas operaciones mineras en pequeña escala usan un proceso llamado amalgamación del mineral en bruto. El minero aplasta y muele el mineral en un molino y agrega mercurio a la mezcla. Después, solo una pequeña fracción de este mercurio se une al oro presente en la mezcla. El batido que hace el molino libera el resto del mercurio en el medio ambiente. Cuando la acción del molino aplasta el mineral, también reduce el tamaño de las gotitas de mercurio elemental que están en la mezcla. Se vuelven más y más pequeñas y luego son expulsadas del molino por el agua que fluye a través de él. La amalgamación del mineral en bruto parece ser el proceso más contaminante de toda la minería de oro y puede causar la exposición humana y la contaminación ambiental más graves de todas. Sin embargo, este método tiene un uso muy difundido entre los mineros porque el mercurio es barato comparado con el precio del oro, y con este proceso se obtiene un mercurio vendible (pagado de inmediato) con mínima mano de obra. Existen varias prácticas alternativas que pueden reducir el uso de mercurio y la contaminación consiguiente, concentrando el oro del mineral antes de añadir mercurio, pero algunas de estas técnicas requieren más tiempo, habilidad e inversión. Cuando se usan, sin embargo, estas técnicas puede capturar más oro y utilizar menos mercurio.²⁴⁶

Otra práctica común es lavar oro. Se usa el agua en un plato o batea para que se lleve los materiales más livianos y deje en el fondo las partículas más pesadas que contiene la tierra, la arena o el sedimento. Después, el minero agrega mercurio a estas partículas más pesadas para separar el contenido de oro.

Con frecuencia los mineros usan una pala o una batea metálica sobre un fuego al aire libre para calentar la amalgama y recuperar el oro. Al hacer esto, se liberan directamente en el aire vapores de mercurio que los mineros, sus familias u otras personas en las cercanías pueden inhalar. Pero los mineros pueden usar un proceso simple (retorting), de purificación en retorta, para reducir la cantidad de vapor de mercurio que se escapa. La retorta captura los vapores de mercurio, los enfría, recupera el mercurio elemental y permite que el minero lo reutilice. La retorta (que puede ser un sinnúmero de artefactos hechos de vidrio, cerámica u otro material disponible) recolecta y enfría el vapor de mercurio que se escapa de la amalgama durante el calentamiento, permitiendo que se condense y vuelva

246 "Mercury Use in Artisanal and Small-Scale Gold Mining," UNEP Mercury Awareness Raising Package, http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness_raising_package/default.htm.

al estado líquido. Una evaluación hecha en terreno por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial comprobó que se pueden fabricar retortas eficaces por la pequeña cantidad de US\$ 3,20. Estos aparatos pueden capturar más del 95 por ciento del vapor de mercurio y permitir que sea reciclado y reutilizado. Lamentablemente, debido al costo relativamente bajo del mercurio elemental, a la baja conciencia del peligro que encierran los vapores de mercurio y a la información insuficiente acerca de las retortas, son pocos los mineros en pequeña escala que las utilizan.²⁴⁷

Las encuestas de salud han encontrado altos niveles de mercurio en muchos mineros: algunos mineros han estado expuestos a niveles de mercurio más de 50 veces superiores a los límites de exposición establecidos por la OMS. En uno de los sitios incluidos en las encuestas, casi en la mitad de los mineros se observaron temblores no intencionales, un síntoma típico de daño inducido por el mercurio en el sistema nervioso central. Las familias de los mineros viven muchas veces alrededor de los lugares donde se calienta la amalgama. En sus ropas contaminadas, los mineros llevan consigo el mercurio a sus casas. El resultado es que las familias se ven frecuentemente expuestas.²⁴⁸ Se informa que en Indonesia, y probablemente en todas partes, los funcionarios de salud tienen escasos conocimientos sobre el envenenamiento por mercurio y pueden interpretar los temblores y otros síntomas de la exposición al mercurio como síntomas de malaria o dengue.²⁴⁹

La contaminación por mercurio en los sitios donde existe minería de oro artesanal por lo general es ignorada, ya que esos lugares corresponden a áreas remotas, alejadas de la atención pública. Aunque exista el deseo de vigilar esos sitios, puede resultar difícil hacerlo debido a la falta de equipos móviles y de laboratorios ambientales locales.

En agosto de 2010, en Lampung, Indonesia, una empresa minera de oro, de tamaño mediano, que había usado con anterioridad el proceso de amalgamación del mercurio, estaba realizando la depuración de un estanque que contenía residuos mineros contaminados con mercurio, mientras se preparaba para hacer el cambio a un proceso de cianuro. Era época de lluvias y la empresa abrió el estanque y soltó los residuos hacia el río. Esto causó la muerte de muchos peces. La gente de la zona recogió los peces muertos que

247 Ibid.

248 Ibid.

249 Ibid.

flotaban en agua, los llevó a sus casas y alimentó con ellos a sus familias. El resultado de todo esto fue que aproximadamente unas 200 personas fueron hospitalizadas por envenenamiento por mercurio. La empresa recibió una multa y fue obligada a cubrir los gastos de salud de los vecinos.²⁵⁰

No hay una forma rápida o fácil de eliminar o reducir al mínimo las emisiones de mercurio de la minería de oro en pequeña escala. Las soluciones dependen por lo general de la región, sector, o incluso localidad donde está situada la mina. Muchos países han intentado declarar ilegal la práctica, pero el resultado habitual es la creación de operaciones mineras ilegales. Se ha informado que en un país donde la práctica de calentar la amalgama al aire libre para recuperar el oro fue declarada ilegal, algunos mineros empezaron a calentar la amalgama dentro de sus casas y expusieron gravemente a toda su familia a los vapores de mercurio. En 2007, en Kalimantan, Indonesia, muchas personas calentaban la amalgama dentro de sus casas y de sus tiendas de artículos de oro, sin ventilación adecuada. El Proyecto Mundial del Mercurio, de la ONUDI, intervino para ayudar a remediar esta situación mediante la instalación de campanas de ventilación.²⁵¹

Un convenio mundial de control del mercurio puede contribuir de manera importante a la reducción de las emisiones de mercurio de la minería de oro en pequeña escala. Puede controlar el suministro y el comercio de mercurio, lo que causará un alza del precio y restringirá la disponibilidad de mercurio elemental para los mineros en pequeña escala. Esto desincentivará las prácticas mineras ineficientes, tales como la amalgamación. Por otra parte, el uso de retortas y otras tecnologías que capturan oro usando menos mercurio o nada de mercurio, se volverán mucho más atractivas para los mineros. Un convenio sobre el mercurio puede ayudar también a movilizar recursos para otorgar mejores servicios y capacitación a los mineros en pequeña escala y a sus comunidades, y a promover la adopción de prácticas menos contaminantes y más sostenibles. Puede fomentar la ayuda a los gobiernos locales de las áreas mineras y también puede contribuir a que las oportunidades de apoyo financiero estén al alcance de grupos de mineros interesados en emprender operaciones cooperativas que usen tecnologías sin mercurio o prácticas menos contaminantes. La eventual eliminación gradual del uso de mercurio elemental en las actividades mineras debe mantenerse como una meta de largo plazo. El logro de esta meta, sin embargo, puede

250 Correspondencia privada con un dirigente de una ONG de Indonesia.

251 *Ibid.*

necesitar estar asociado al éxito de otros programas de reducción de la pobreza, y en algunos caso, los mineros desplazados y sus familias pueden necesitar acceder a oportunidades suplementarias para ganarse la vida.

8.2 El mercurio en la producción de cloro-álcali

Las plantas de cloro-álcali son procesos industriales que usan la electrolisis para producir gas de cloro u otros compuestos de cloro, álcali (también conocido como soda cáustica o hidróxido de sodio) y gas de hidrógeno. Algunas plantas más antigua de cloro-álcali aún usan el denominado proceso de celdas de mercurio, que es muy contaminante y libera grandes cantidades de mercurio en el medio ambiente.

Estas plantas utilizan un proceso electrolítico en el cual la electricidad, en forma de corriente directa (DC) pasa entre electrodos que están en contacto con una solución de agua salada (salmuera). El electrodo con carga positiva, llamado ánodo, es de grafito o titanio; el electrodo con carga negativa, llamado cátodo, es una gran piscina de mercurio que puede pesar varios cientos de toneladas. Cuando pasa corriente eléctrica a través de los electrodos, crea gas de cloro en el ánodo, que se sopla a presión y se recoge. Este proceso también crea una amalgama de sodio y mercurio en el cátodo. Posteriormente se induce una reacción entre el sodio metálico de esta amalgama y agua, a fin de producir hidróxido de sodio y gas de hidrógeno, que también se recolectan y utilizan.^{252*}

Las plantas de celdas de mercurio fueron el principal proceso comercial para la producción de cloro e hidrógeno de sodio entre la década de 1890 y mediados del siglo veinte. Aún operan algunas celdas de mercurio en diversos lugares del mundo, pero la mayoría fue reemplazada por procesos electrolíticos u otros procesos alternativos que no usan mercurio. Estos procesos alternativos usan lo que se denomina celdas de diafragma o celdas de membrana. Una de las principales razones por las que muchas plantas de celdas de mercurio han sido cerradas o reconvertidas a procesos sin mercurio son las presiones regulatorias basadas en resultados de investigaciones que indican que estas plantas producen emisiones importantes de mercurio, que también pueden producir descargas de aguas residuales con mercurio y residuos sólidos contaminados con mercurio, y que las áreas que rodean las plantas de cloro-álcali se encuentran áltamente

252 Ibid.

contaminadas con mercurio.²⁵³ Otra razón para el reemplazo es que las plantas de cloro-álcali con celdas de diafragma y celdas de membrana son más eficientes que las plantas de celdas de mercurio.

Por añadidura, la soda cáustica y posiblemente los compuestos de cloro producidos por las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio están habitualmente contaminados con mercurio. La soda cáustica se usa en la elaboración de productos alimenticios tales como jarabe de maíz, y se ha encontrado mercurio en el jarabe de maíz que se comercializa y también en productos alimenticios que contienen jarabe de maíz. Por acuerdo con el gobierno de Estados Unidos, la industria de cloro de Estados Unidos aceptó voluntariamente limitar a un 1 por ciento, o menos, la cantidad de mercurio presente en la soda cáustica que comercializa.²⁵⁴

La “Evaluación mundial del mercurio en la atmósfera” hecha por el PNUMA calcula que la emisión mundial de mercurio procedente de las plantas de cloro-álcali es de 60 toneladas métricas. Sin embargo, el “Informe de antecedentes técnicos para la Evaluación mundial del mercurio en la atmósfera” del PNUMA calcula que las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio consumieron 492 toneladas métricas de mercurio en 2005. Este total se distribuyó de la siguiente manera:

Región	Consumo de mercurio en toneladas métricas
Unión Europea	175
Comunidad de Estados Independientes (CEI) y otros países europeos	105
América del Norte	60
Países del Medio Oriente	53
Sudasia	36
Sudamérica	30
Otros incluidos en la lista	33
Total	492

253 * La ecuación química total para la electrolisis de salmuera es $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} + \text{H}_2$.

254 “Compliance with Chlor-Alkali Mercury Regulations, 1986-1989: Status Report,” Environment Canada, <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=En&n=E7E0E329-1&offset=4&toc=show>.

En el caso de las plantas de cloro-álcali el consumo anual de mercurio es simplemente la cantidad de mercurio que la planta pierde en el curso del año. Gran parte del mercurio que pierden las plantas se va directamente al aire porque el proceso genera calor y porque las prácticas regulares de mantenimiento incluyen la apertura y el cierre de los receptáculos de contención de las celdas. Parte de este mercurio escapa hacia las masas de agua o contamina el suelo alrededor de la planta. Otra parte del mercurio que se pierde en este proceso llega a los rellenos sanitarios u otros lugares de eliminación de residuos. Algo de este mercurio termina en los productos fabricados o se une a los materiales metálicos de la planta. Además, dado que el mercurio elemental es volátil, gran parte del mercurio de la planta que va a parar al agua, a los suelos contaminados, a los rellenos sanitarios y a otras instalaciones para la eliminación de residuos, posteriormente se volatiliza y entra en el aire.

Historicamente, la industria del cloro-álcali ha manejado muy mal su responsabilidad y sus informes en materia de liberación anual de mercurio en el medio ambiente. Tanto la industria como sus reguladores han reconocido que hasta hace poco tenían escasa información sobre las cantidades de mercurio que se pierden y las vías por las cuales escapa de las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio.²⁵⁵ En los últimos años, sin embargo, algunos gobiernos han ejercido presiones regulatorias sobre la industria de cloro-álcali para que empiece a eliminar gradualmente las plantas con celdas de mercurio, y en el intertanto, para que hagan una mejor labor de prevención de la liberación de mercurio en el medio ambiente y una justificación más exacta de la liberación que sí se produce. Los operadores de algunos países informan ahora anualmente sobre su consumo de mercurio.

Según un informe de 2004 de la industria del sector, los operadores de las plantas de cloro-álcali hicieron el cálculo de la cantidad de mercurio consumido en una planta durante un año, de la siguiente manera: El operador hizo el inventario del mercurio de la planta el 1 de enero y el 31 de diciembre. Cada inventario contabilizaba la cantidad de mercurio existente en las celdas de la planta de cloro-álcali, más la cantidad de mercurio existente en las bodegas de la planta en la fecha en que se hacía

255 Dufault, R., LeBlanc, B., Schnoll, R., Cornett, C., Schweitzer, L., Wallinga, D., et al. (2009). Mercury from chlor-alkali plants: Measured concentrations in food product sugar. *Environmental Health*, 8, 2.

"Study Finds High-Fructose Corn Syrup Contains Mercury," *Washington Post*, January 28, 2009, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2009/01/26/AR2009012601831.html>.

el inventario. El operador realizó también el cálculo de la cantidad de mercurio que la planta había comprado durante el año. El consumo de mercurio para ese año se calculó sumando la cantidad de mercurio que aparecía en el inventario hecho a comienzos del año, más la cantidad adquirida durante el año y luego restando la cantidad que figuraba en el inventario hecho a fines del año (consumo igual inventario al 1 de enero más compras durante el año menos inventario al 31 de diciembre).²⁵⁶

En informes posteriores, la asociación gremial estadounidense que representa al sector señaló que los operadores revisaron la forma en que calculaban el consumo de mercurio a fin de tomar en cuenta el mercurio que el operador ha enviado fuera de la planta para su recuperación y posterior reutilización. Estos informes incluyen una nueva categoría: ‘mercurio transferido fuera de la planta’, que se define como la cantidad de mercurio que el operador envió fuera para su recuperación y que no ha regresado a la planta durante el mismo año calendario. A partir de 2004, al calcular el consumo anual de mercurio, los operadores restaban la cantidad de mercurio transferido fuera de la planta, de la cantidad de mercurio comprado durante el año.²⁵⁷ En resumen, según la asociación gremial estadounidense que representa al sector, los operadores ahora calculan el consumo anual de mercurio de la siguiente manera:

El consumo anual de mercurio es igual a

- la cantidad de mercurio en el inventario al 1 de enero, más
- la cantidad de mercurio comprada durante el año, menos
- la cantidad de mercurio despachada fuera de la planta para su recuperación y no regresada a fin de año, menos
- la cantidad de mercurio en el inventario al 31 de diciembre²⁵⁸

Además de calcular el consumo anual de mercurio, el informe de la asociación gremial estadounidense que representa al sector ubica el mercurio consumido en tres categorías:—

1. El mercurio liberado en el medio ambiente y declarado a la EPA como parte del Inventario de emisiones tóxicas (IET)^{259*} de Estados Unidos.

256 John S. Kinsey, “Characterization of Mercury Emissions at a Chlor-Alkali Plant,” U.S. EPA, 2002.

257 “Seventh Annual Report to EPA for the Year 2003,” The Chlorine Institute, July 2004, <http://www.epa.gov/reg5oair/mercury/7thcl2report.pdf>.

258 “Chlor-Alkali Industry 2008 Mercury Use and Emissions in the United States,” The Chlorine Institute, August 2009, <http://www.epa.gov/reg5oair/mercury/12thcl2report.pdf>.

259 Ibid.

2. El mercurio que sale de la planta en los productos (esto es, en el álcali y el cloro que vende la planta)
3. El balance, que el informe denomina ‘mercurio no contabilizado’²⁶⁰

En su informe anual de 2003, la industria estadounidense de cloro-álcali solo fue capaz de justificar una pequeña fracción del mercurio que consumió durante el año. De las 38 toneladas cortas (34,5 toneladas métricas) de mercurio que la asociación gremial estadounidense del sector declaró como consumidas por las plantas de cloro-álcali en 2003, los operadores solo pudieron justificar el destino de 8 toneladas cortas (7,25 toneladas métricas). Un total de 30 toneladas cortas (27,2 toneladas métricas) quedó clasificado como ‘mercurio no contabilizado’. Esto es, los operadores de cloro-álcali de Estados Unidos solo pudieron justificar el destino del 21 por ciento del mercurio que ellos mismo consumieron en 2003; el 79 por ciento restante correspondió a pérdidas de mercurio que los operadores no pudieron justificar.²⁶¹

Desde 2003, el consumo anual declarado de mercurio de la industria estadounidense del cloro-álcali ha declinado de manera considerable, al igual que la cantidad de mercurio perdido que no puede justificar. Esto sugiere que los operadores con competencia técnica pueden responder a la presión de las normativas y reducir el consumo anual de mercurio de sus plantas, además de mejorar su capacidad para justificar y comunicar las pérdidas de mercurio.²⁶²

Suelos contaminados con mercurio procedente de las plantas de cloro-álcali

Los investigadores hicieron pruebas con muestras de tierra contaminada con mercurio tomadas de las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio de Europa. Una muestra correspondía a la tierra que originalmente había sido excavada bajo la construcción que albergaba la casa de celdas de la planta y amontonada afuera por cerca de tres años. Se encontró que la muestra estaba contaminada con mercurio a una concentración de 569 ppm (mg/kg). Otra muestra se obtuvo en la capa superior del suelo en las cercanías de

²⁶⁰ * El Inventario de emisiones tóxicas es una base de datos accesible al público, establecida por la U.S. EPA. A muchos establecimientos industriales de Estados Unidos se les exige informar a la EPA sobre sus emisiones de productos químicos tóxicos en el medio ambiente, sus transferencias de residuos tóxicos a lugares fuera de la planta, y otras actividades de gestión de residuos. La EPA compila las respuestas y las pone a disposición del público en línea.

²⁶¹ Ibid.

²⁶² Ibid.

una planta de cloro-álcali con celdas de mercurio, y se observó que estaba contaminada con mercurio en concentraciones de 295 ppm (mg/kg).²⁶³

Los autores del estudio observaron que el mercurio elemental tiene una afinidad extremadamente alta con la materia orgánica y se une firmemente a los suelos orgánicos. Sin embargo, observaron también que el mercurio unido a los suelos orgánicos igualmente puede escapar desde el suelo hacia la atmósfera, especialmente en períodos de altas temperaturas.

Hay indicaciones de que el número de plantas de cloro-álcali del mundo está en declinación desde 2005, pero ha sido difícil encontrar un listado de todas las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio que siguen funcionando. En abril de 2010, la asociación gremial europea de esta rama de la industria emitió una declaración señalando que aún quedan 39 plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio en catorce países europeos.²⁶⁴ Una hoja informativa publicada en 2009 por uno de los principales operadores de plantas de cloro-álcali de América del Norte afirma que aproximadamente el 13 por ciento de los productos de cloro-álcali en América del Norte provienen de plantas con celdas de mercurio.²⁶⁵ Un informe presentado al PNUMA por el Consejo Mundial del Cloro (World Chlorine Council, o WCC) indica que en 2007, un total de 70 plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio estaban operando en Estados Unidos, Canadá, Rusia, India, Brasil, Argentina y Uruguay.²⁶⁶ Es probable que haya varias otras plantas con celdas de mercurio funcionando aún en países no cubiertos por el informe del WCC, incluyendo posiblemente plantas de algunos países de Medio Oriente, algunos países de la CEI, aparte de Rusia, y algunos países asiáticos, aparte de la India.

Un convenio mundial de control del mercurio podría establecer un calendario para la eliminación gradual de todas las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio, exigir que el mercurio recuperado de esas plantas se mantenga fuera del mercado, en lugares de almacenamiento de largo plazo, y establecer exigencias rigurosas de limpieza de los sitios ocupados por las antiguas plantas con celdas de mercurio.

263 Ibid.

264 Carmen-Mihaela Neculita et al., "Mercury Speciation in Highly Contaminated Soils from Chlor-Alkali Plants Using Chemical Extractions," *Journal of Environmental Quality*, 2005, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15647556>.

265 "Storage of Mercury: Euro Chlor View," Euro Chlor, citado más arriba.

266 "Caustic Soda Production," Olin Chlor Alkali Products, 2009, <http://www.olinchloralkali.com/Library/Literature/OverviewOfProcess.aspx>.

8.3 Catalizadores de mercurio empleados en la producción de sustancias químicas

Los catalizadores de mercurio se han usado por muchos años en la producción industrial de sustancias químicas. Estos catalizadores tienen todavía mucho uso comercial en la fabricación del monómero de cloruro de vinilo (C_2H_3Cl), y este uso parece estar creciendo. Por otro lado, la mayoría de los otros usos industriales de los catalizadores de mercurio parecen estar en declinación o han sido eliminados en forma progresiva.

Como se señaló más arriba, la tragedia de la enfermedad de Minamata fue causada por una planta química que usaba sulfato de mercurio como catalizador para la producción de acetaldehído. Al parecer, ya no se siguen utilizando catalizadores de mercurio para la producción industrial de acetaldehído.

Históricamente, los compuestos orgánicos de mercurio eran considerados como los catalizadores preferidos para la fabricación de plásticos y revestimientos de poliuretano en muchas aplicaciones. Cuando se usan catalizadores de mercurio para este fin, los residuos de mercurio se quedan en el poliuretano. Entre las décadas de 1960 y 1980, muchas escuelas de Estados Unidos instalaron pisos de poliuretano en los gimnasios. Este material contenía habitualmente entre el 0,1 por ciento y el 0,2 por ciento de mercurio. Uno de los fabricantes declaró haber instalado más de 25 millones de libras (11,3 millones de kilos) de este material para pisos. La superficie de este tipo de pisos libera lentamente vapor de mercurio elemental, especialmente en las áreas que están dañadas. Algunos funcionarios han medido las concentraciones de mercurio en el aire de algunos gimnasios escolares. Un distrito escolar informó sobre la presencia de vapor de mercurio en concentraciones de entre 0,79 microgramos y 1,6 microgramos de mercurio por metro cúbico de aire en la zona de respiración. Otra escuela informó sobre concentraciones de entre 0,042 microgramos y 0,050 microgramos de mercurio por metro cúbico de aire. La variación de las mediciones puede atribuirse al tamaño del piso, el daño relativo del material de recubrimiento del piso, la ventilación del gimnasio y el tipo de equipo de muestreo ambiental que se utilizó.²⁶⁷

267 "Number of Plants and Capacity of Mercury Electrolysis Units in U.S.A./Canada, Europe, Russia, India and Brazil/Argentina/Uruguay," submitted by the World Chlorine Council to UNEP, http://www.chem.unep.ch/mercury/partnerships/Documents_Partnerships/All_comments_Euro_Chlor.pdf.

En el último tiempo, los catalizadores alternativos para la producción de poliuretano, libres de mercurio, basados en titanio, bismuto y otros materiales, parecen haber reemplazado en forma amplia a los catalizadores de mercurio para este uso.²⁶⁸ Sin embargo se desconoce en general cuan extenso puede ser aún el uso de los catalizadores de mercurio para fabricar poliuretano en algunos países y regiones del mundo.

Existen otras sustancias químicas que históricamente también han sido fabricadas mediante el uso de catalizadores de mercurio, como el acetato de vinilo y el 1-amino antraceno.²⁶⁹ Es posible que estos y muchos otros usos de los catalizadores de mercurio hayan sido descontinuados a nivel mundial, pero es algo que aún debe ser verificado.

Los catalizadores de mercurio, sin embargo, aún tienen uso comercial en gran escala para la fabricación de monómero de cloruro de vinilo (MCV), y este uso parece seguir aumentando. El MCV, cuya fórmula química es C_2H_3Cl , constituye la principal materia prima para la fabricación de plástico de cloruro de polivinilo (PVC), conocido también como vinilo. El MCV se produce mediante el uso de acetileno (C_2H_2) como materia prima. El acetileno se combina con cloruro de hidrógeno (HCl) y fluye a través de un catalizador de cloruro mercúrico para producir el MCV. La fabricación de MCV a partir de acetileno, con cloruro mercúrico como catalizador, continuaba todavía en Estados Unidos en el año 2000.²⁷⁰

En muchos países la producción de MCV no usa catalizadores de mercurio sino que usa un proceso de fabricación diferente. En la mayoría de los países, en vez de usar acetileno como la materia prima de hidrocarburo para la producción de MCV, se utiliza más bien etileno. Una diferencia importante entre estas dos materias primas es que el etileno se produce a partir del petróleo o del gas natural, mientras que el acetileno se produce a partir del carbón.

Hasta hace poco, el uso de etileno como materia prima era considerado un proceso de vanguardia en la fabricación de MCV. Sin embargo, como los precios del petróleo y del gas natural han aumentado en relación al precio

268 "Children's Exposure to Elemental Mercury: A National Review of Exposure Events," the U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, February 2009, <http://www.atsdr.cdc.gov/mercury/docs/MercuryRTCFinal2013345.pdf#page=31>.

269 "Catalyst and Method of Making Polyurethane Materials," World Intellectual Property Organization, 2005, <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?IA=GB2004005368&DISPLAY=DESC>.

270 "Mercury Substitution Priority Working List," Nordic Council of Ministers, 2007, <http://www.base1.int/techmatters/mercury/comments/240707hsweden-2.pdf>.

del carbón, el proceso a base de acetileno se ha vuelto más atractivo. Este es, sobre todo, el caso de países como China, que deben importar el petróleo, pero que tienen grandes reservas de carbón que se extraen con mano de obra barata. Otro factor que ha desincentivado la construcción de nuevas plantas que usen etileno como materia prima son las grandes fluctuación del precio del petróleo. Las empresas que están construyendo plantas de PVC en el noroeste de China, cerca de las minas de carbón, confían en que pueden contar con un suministro constante de carbón barato a precios estables.²⁷¹ Estas consideraciones no solo han llevado al rápido crecimiento de plantas de MCV con catalizadores de mercurio en China, sino que podrían aplicarse también a cualquier otro lugar del mundo y estimular una mayor expansión de esa industria en otros países y regiones.

Según informaciones entregadas a la ONG Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (NRDC), por el Centro de Registro de Productos Químicos (CRC) de la Administración Estatal de Protección Ambiental (AEPA) de China, la producción total de PVC de China fue de 1,9693 millones de toneladas métricas en 2002 y subió a 3,0958 millones de toneladas métricas en 2004, con 62 instalaciones que se sabe que usan catalizadores de mercurio para la fabricación de PVC.²⁷² No se encontró información sobre la expansión de esta industria después de 2006, pero dada su acelerada tasa de crecimiento entre 2002 y 2004, es probable que ese crecimiento haya continuado.

Los catalizadores usados en las plantas son hechos de carbon activado, impregnado con cloruro mercúrico. Cuando se instalan los catalizadores, estos tienen entre el 8 por ciento y el 12 por ciento de cloruro mercúrico. Con el paso del tiempo, sin embargo, el catalizador se agota y la cantidad de mercurio que contiene disminuye. Cuando la cantidad desciende a alrededor del 50 por ciento, se reemplaza el catalizador. No se ha dilucidado bien cuál es el destino final del mercurio que se pierde en los catalizadores.²⁷³

Según los cálculos del CRC, la cantidad de mercurio contenida en los catalizadores que fueron usados y posteriormente reemplazados en 2004 fue

271 Barry R. Leopold, "Use and Release of Mercury in the United States," for U.S. EPA, 2002, <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r02104/600r02104prel.pdf>.

272 "The Renaissance of Coal-Based Chemicals: Acetylene, Coal-to-Liquids, Acetic Acid," Tecnon OrbiChem Seminar at APIC, 2006, <http://www.tecnon.co.uk/gen/uploads/syezuu55kgu0ok55epcqomjf12052006115942.pdf>.

273 "NRDC Submission to UNEP in Response to March 2006 Request for Information on Mercury Supply, Demand, and Trade," http://www.chem.unep.ch/mercury/Trade-information_gov_stakeholders.htm.

de 610 toneladas métricas. Estos catalizadores usados fueron enviados a los recicladores, que los procesaron y pudieron recuperar aproximadamente 290 toneladas de mercurio elemental.²⁷⁴ Esto sugiere que en 2004 la fabricación de MCV en China dio como resultado la liberación de 320 toneladas métricas de mercurio en el medio ambiente, a causa de estas pérdidas.^{275*}

Actualmente la comunidad internacional no dispone de datos sobre las emisiones de mercurio de las plantas de MCV que usan catalizadores de mercurio, o de las instalaciones de reciclaje que procesan los catalizadores usados. Como los expertos que prepararon el informe no tenían datos de emisiones para trabajar con ellos, el informe del PNUMA “Global Atmospheric Mercury Assessment” trata las plantas de MCV como si tuvieran cero emisiones de mercurio en la atmósfera. Esto significa que el cálculo del PNUMA de 1.930 toneladas métricas de emisiones antropogénicas totales de mercurio al año, de todas las fuentes, a nivel mundial, no contabiliza ninguna emisión asociada a la fabricación de MCV como parte del total.

Considerando que la producción de MCV con uso de catalizadores de mercurio parece estar expandiéndose en China, es probable que las pérdidas no declaradas de mercurio en la fabricación de MCV vayan en aumento con el correr del tiempo. Por añadidura, si los fabricantes de MCV que usan catalizadores de mercurio son capaces de lograr ahorros significativos en sus costos de materia prima comparados con los fabricantes de MCV que no usan catalizadores de mercurio, más adelante pueden surgir presiones del mercado sobre los fabricantes de otros países para hacer la conversión de la fabricación de MCV con uso de petróleo y gas natural como materias primas, al proceso posiblemente menos caro de fabricación de MCV basado en el acetileno y el cloruro mercuríco.

Un convenio mundial de control del mercurio tendrá que ocuparse directamente del problema del uso de catalizadores de mercurio en la fabricación de sustancias químicas. En procesos al margen de la fabricación de MCV, puede no ser difícil para los gobiernos acordar su prohibición inmediata (o su pronta eliminación si algunos de estos procesos aún se utilizan en algunos países). Una medida de este tipo puede cerrar la puerta a la posibilidad de que estos procesos se reanuden en el futuro.

274 Ibid.

275 Ibid.

Será más difícil, probablemente, alcanzar acuerdos sobre las medidas para controlar el uso de catalizadores de mercurio en la producción de MCV. Como primer paso, el convenio debe exigir mejor vigilancia y notificación internacionales sobre el uso de catalizadores de mercurio y sobre el destino final del mercurio que se pierde durante la fabricación de MCV. En forma ideal, la meta debe ser establecer un calendario de eliminación gradual para éste y todos los demás usos de los catalizadores de mercurio de la química industrial, pero es probable que esto requiera un esfuerzo a más largo plazo. Como medidas provisionarias, se ha sugerido promover la investigación sobre catalizadores alternativos, libres de mercurio, que puedan usarse con acetileno como materia prima. Otros han sugerido investigar las tecnologías que se están desarrollando para producir etileno a partir de carbón, lo que permitiría una materia prima más barata, el carbón, para fabricar MCV mediante procesos que no requieren catalizadores de mercurio. Ambas sugerencias, sin embargo, son problemáticas por dos razones. En los momentos en que el mundo se esfuerza por controlar el cambio climático, no es buena idea promover nuevas tecnologías a base de carbón, que están entre los mayores emisores de gases de invernadero. Por lo demás, aunque la fabricación de MCV mediante el uso de etileno como materia prima evita la liberación de mercurio, no deja de ser todavía un proceso extremadamente sucio, que crea y libera otros contaminantes ambientales graves, como las dioxinas.

9. Fuentes no intencionales de mercurio

Entre las fuentes no intencionales de mercurio están la quema, depuración y refinación de combustibles fósiles, la extracción y refinación de minerales metálicos y el uso de materiales con mercurio en procesos de alta temperatura, como la producción de cemento. Según los cálculos del PNUMA, las emisiones atmosféricas desde estas fuentes no intencionales corresponden a más del 65 por ciento del total de emisiones atmosféricas mundiales de mercurio causadas por todas las fuentes antropogénicas.

9.1 Carboeléctricas

Según el informe del PNUMA de 2008 “Global Atmospheric Mercury Assessment”, la mayor fuente mundial de emisiones antropogénicas de mercurio es la quema de combustibles fósiles, especialmente carbón. La evaluación calcula que las centrales eléctricas generan el 25 por ciento todas las emisiones antropogénicas de mercurio y que la calefacción industrial y residencial genera un 20 por ciento adicional.²⁷⁶ Se estima que el carbón contiene mercurio en cantidades traza que por lo general oscilan entre 0,01 y 1,5 mg de mercurio por kilo de carbón (ppm).²⁷⁷ Sin embargo, las cantidades de carbón que se queman cada año para producir energía eléctrica y para calefacción son tan enormes que, según los cálculos del PNUMA, en 2005 la combustión de carbón de estas fuentes liberó 878 toneladas métricas de mercurio en la atmósfera.²⁷⁸

276 “El “Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment” del PNUMA calcula que en 2005 el consumo mundial de mercurio para la fabricación de MCV fue de 770 toneladas métricas, cifra que citamos anteriormente. Puede ser que este cálculo tome en cuenta el crecimiento de la industria desde 2004. Además, es probable que no reste la cantidad de mercurio recuperada por los recicladores, de la cantidad de mercurio originalmente presente en los catalizadores usados.

277 “Global Atmospheric Mercury Assessment,” UNEP, citado más arriba.

278 “Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment,” AMAP and UNEP, citado más arriba.

La combustión del carbón y las emisiones de gas de invernadero

La combustión del carbón también es responsable de aproximadamente un 20 por ciento de todas las emisiones mundiales de gas de invernadero.²⁷⁹ Actualmente se debaten algunas propuestas para reducir la combustión de carbón en el contexto de las negociaciones intergubernamentales para adoptar un nuevo convenio sobre cambio climático que reemplazará el Protocolo de Kyoto. En las negociaciones sobre cambio climático efectuadas hasta ahora, los gobiernos de varios países grandes no se han mostrado dispuestos a llegar a un acuerdo sobre medidas vinculantes que restrinjan de manera significativa la combustión de carbón. Algunos de ellos se han referido a la necesidad urgente de aumentar en forma considerable la generación de energía eléctrica, como parte importante de sus estrategias nacionales de desarrollo económico.

Es altamente improbable que ciertos gobiernos influyentes que siguen oponiéndose a que se implanten restricciones vinculantes para la combustión de carbón en el contexto de las negociaciones sobre cambio climático, acepten restricciones vinculantes similares para la combustión de carbón durante las negociaciones del convenio sobre el mercurio. Por lo tanto, sería poco realista considerar las negociaciones del convenio sobre el mercurio como una instancia alternativa para lograr un acuerdo de parte de gobiernos reacios a restringir las emisiones de gas de invernadero de las carboeléctricas antes de que esos mismos gobiernos estén dispuestos también a revisar su posición en las negociaciones sobre cambio climático.

Sin embargo, las negociaciones del convenio sobre el mercurio crean una segunda instancia de discusiones internacionales de alto perfil sobre los efectos nocivos de la combustión del carbón, y abren nuevas oportunidades para promover el uso eficiente y la conservación de la energía, junto con la ampliación de las fuentes de energía renovable.

Para calcular el costo real del uso de tecnologías de combustión de carbón, hay que incorporar en la ecuación los daños que causa al medio ambiente mundial y a la salud humana. Estos incluyen los daños a la salud humana y el medio ambiente relacionados con el mercurio que se abordan en este librito. También incluyen los daños asociados al dióxido de azufre, al óxido de nitrógeno y a otros tantos contaminantes tóxicos y peligrosos emitidos por las centrales a carbón. Finalmente, el cálculo de los costos reales del uso de tecnologías de combustión de carbón debe tomar en cuenta, por supuesto, los costos asociados a las emisiones de gas invernadero y el cambio climático.

Los esfuerzos para eliminar progresivamente las tecnologías de combustión de carbón tendrán éxito cuando se instauren mecanismos mundiales para garantizar que estos y todos los otros costos externos asociados a la combustión de carbón se integren al

279 "Global Atmospheric Mercury Assessment," UNEP, citado más arriba.

precio de la energía derivada del carbón. Cuando esto suceda, quedará claro que tanto las medidas en materia de eficiencia energética como las fuentes de energía alternativa son realmente menos caras que que las tecnologías que usan carbón. En ese momento las alternativas podrán imponerse rápidamente sobre el carbón y reemplazarlo.

Aunque no es probable que las negociaciones del convenio sobre el mercurio se transformen en una instancia alternativa para negociar medidas de prevención del cambio climático, el proceso de negociaciones del convenio sobre el mercurio puede ser muy útil para aumentar el nivel de comprensión del público y el reconocimiento gubernamental de los costos ambientales asociados a la combustión de carbón. Las negociaciones sobre el mercurio ofrecen además la posibilidad de establecer medidas vinculantes que obligen a los gobiernos —al menos bajo ciertas condiciones y conforme a algún calendario— a exigir que las centrales eléctricas, nuevas y existentes, de sus países cumplan ciertas normas mínimas de eficiencia y/o de control de la contaminación. Las normas más altas de control de la contaminación por lo general aumentan los costos. Más aún, el convenio puede incluir disposiciones que promuevan o exijan el uso de tecnologías alternativas rentables que eliminen o reduzcan al mínimo las emisiones de mercurio, si tales tecnologías pueden satisfacer las necesidades nacionales o locales de energía. Finalmente, un convenio sobre el mercurio probablemente establecerá mecanismos para entregar asistencia financiera y técnica de apoyo a la implementación de sus medidas, y esta asistencia puede complementar la asistencia financiera y técnica que se entregue conforme al régimen internacional de cambio climático.

Como primera aproximación, puede señalarse que la cantidad de emisiones de mercurio de una Carboeléctrica está relacionada con la cantidad de carbón que quema para generar una unidad de electricidad. En igualdad de condiciones, una central eléctrica más eficiente usa menos carbón para producir un kilowatt hora de electricidad y por lo tanto emite menos mercurio por unidad de electricidad que una central menos eficiente.

Para lograr una mayor eficiencia de las carboeléctricas se pueden adoptar medidas tales como mejorar o reemplazar los quemadores, optimizar la combustión, mejorar la eficiencia de las calderas y de los mecanismos de transferencia de calor, mejorar el funcionamiento y la mantención de la central, y otras medidas. Se ha afirmado que en algunos casos estas medidas pueden más que duplicar la eficiencia de una central eléctrica. La combinación de factores económicos y reglamentos para el control de la contaminación también puede influir en la decisión de cerrar las antiguas e ineficientes centrales eléctricas y calderas industriales y reemplazarlas por otras más eficientes o por fuentes alternativas de energía.

Los dispositivos de control de contaminación del aire (DCCA) que limpian los gases de combustión de las centrales eléctricas pueden capturar el mercurio y reducir las emisiones. Los más comunes capturan la ceniza volante, las partículas finas que suben con los gases de combustión. Algunos incluso capturan los gases ácidos. Entre los DCCA están los precipitadores electrostáticos, los filtros de tela y los sistemas de desulfuración de gases de combustión. Las estrategias para controlar la contaminación por mercurio deberán incluir por lo tanto el uso de los nuevos DCCA: las centrales eléctricas deberán adaptar los actuales equipos de depuración de gases de combustión para aumentar la captura de mercurio y usar dispositivos adicionales para limpiar los gases de combustión. También deberán emplear técnicas que aumenten la eficiencia de sus actuales DCCA para capturar mercurio.

Varios factores influyen en la eficiencia de los DCCA para capturar mercurio. Con las altas temperaturas de las zonas de combustión de las termoeléctricas, la mayor parte del mercurio contenido en el carbón se libera en los gases de escape en forma de mercurio elemental gaseoso. Este mercurio elemental gaseoso no es soluble en agua y los DCCA no pueden capturarlo en forma fácil. Sin embargo, parte del mercurio elemental es oxidado por las reacciones químicas con otras sustancias presentes en el gas de combustión. El mercurio oxidado (a menudo en forma de cloruro de mercurio) es soluble en agua, y los sistemas de desulfuración de los gases de combustión pueden capturarlo. El mercurio oxidado tiene también la tendencia a asociarse a las partículas de los gases de combustión y formar mercurio adherido a partículas. Los filtros de tela y los precipitadores electrostáticos pueden capturar gran parte de este mercurio adherido a partículas.^{280,281}

Dependiendo de las proporciones relativas de mercurio elemental, mercurio oxidado y mercurio adherido a partículas presentes en los gases de combustión —y dependiendo de la efectividad de los DCCA que se utilizan— la eficiencia de la remoción del mercurio de los gases de combustión oscila, según los informes, entre el 24 por ciento y el 70 por ciento.²⁸²

280 "Coal and Climate Change Facts," Pew Center on Global Climate Change, <http://www.pewclimate.org/global-warming-basics/coal-facts.cfm>.

281 S. X. Wang et al., "Mercury Emission and Speciation of Coal-Fired Power Plants in China," *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2010, <http://www.atmos-chem-phys.net/10/1183/2010/acp-10-1183-2010.pdf>.

282 Charles E. Miller et al., "Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants," U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory, 2006, http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/coal_utilization_byproducts/pdf/mercury_%20FGD%20white%20paper%20Final.pdf.

La proporción de mercurio elemental de los gases de combustión que se convierte en mercurio oxidado y en mercurio adherido a partículas depende de muchos factores, entre ellos la composición de los gases de combustión y la cantidad y propiedades de la ceniza volante que se halla presente. Estos factores, a su vez, dependen del tipo y las propiedades del carbón, de las condiciones de la combustión y del diseño de la caldera y del equipo extractor de calor. Cuando el carbón tiene un contenido de cloro relativamente alto, una mayor cantidad del mercurio elemental contenido en los gases de combustión tiende a oxidarse. De este modo, las medidas que incrementan la cantidad de cloro presente en el proceso pueden, bajo ciertas condiciones, aumentar la eficiencia de los DCCA para eliminar el mercurio.^{283*}

Además, el carbón no quemado de la ceniza volante tiende a absorber el mercurio de los gases de combustión y a crear mercurio adherido a partículas, gran parte del cual puede ser capturado por los DCCA. Por lo tanto, hay quienes apoyan las intervenciones que aumentan la cantidad de mercurio no quemado presente en la ceniza volante con la intención de aumentar de ese modo la eficiencia de los DCCA para eliminar el mercurio.²⁸⁴ Tales intervenciones, sin embargo, tienen la posibilidad de reducir la eficiencia del proceso y aumentar los riesgos de la contaminación causada por productos de combustión incompleta. Finalmente, cuando las carboeléctricas usan la reducción catalítica selectiva (RCS) para controlar la liberación de óxido de nitrógeno, este proceso también puede convertir el mercurio elemental en mercurio oxidado y aumentar la eliminación de mercurio que realizan los DCCA.²⁸⁵

Se recomiendan varias técnicas que maximizan la conversión del mercurio elemental gaseoso presente en el gas de combustión en mercurio oxidado y/o mercurio adherido a partículas, lo que permite optimizar la captura de mercurio mediante el uso de los equipos de depuración de gases de combustión y de chimenea. Algunas de estas técnicas son las siguientes:

- Agregar reactivos al carbón o a los gases de combustión a alta temperatura, para potenciar la oxidación del mercurio elemental

283 S. X. Wang et al., "Mercury Emission and Speciation of Coal-Fired Power Plants in China," citado más arriba.

284 * Lamentablemente, un mayor contenido de cloro en los gases de combustión pueden tener la consecuencia negativa de aumentar la formación y liberación no intencional de dioxinas, furanos y otros contaminantes orgánicos persistentes (COP), que también son serios contaminantes ambientales a nivel mundial. El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes busca reducir al mínimo, y cuando sea factible, eliminar la formación y liberación de estos COP.

285 James Kilgroe et al., "Fundamental Science and Engineering of Mercury Control in Coal-Fired Power Plants," U.S. EPA, 2003, http://www.reaction-eng.com/downloads/Senior_AQIV.pdf.

- Modificar el proceso de combustión para aumentar la cantidad o la reactividad del carbón no quemado de la ceniza volante, a fin de aumentar la adsorción del mercurio y/o potenciar la oxidación del mercurio elemental
- Mezclar el carbón para cambiar la composición de los gases de combustión y las propiedades de la ceniza volante a fin de aumentar la formación de mercurio oxidado y/o adherido a partículas
- Combinar las técnicas anteriores ²⁸⁶

El mercurio de los residuos recuperados por los dispositivos de control de la contaminación

Cuando las centrales termoeléctricas usan DCCA para eliminar el mercurio de los gases de combustión, surge la preocupación por el destino a largo plazo de ese mercurio. Una parte de estos residuos va a parar a los rellenos sanitarios o a los vertederos, desde donde se pueden producir eventualmente emisiones de mercurio al aire o filtraciones de mercurio a los suelos y a los sistemas acuáticos circundantes. Algunas centrales procesan los residuos mediante dispositivos de control en el lugar mismo, lo que se traduce con contaminación ambiental local y descargas de mercurio en las vías acuáticas. Gran parte de estos residuos, sin embargo, se reciclan para ser usados en la fabricación de materiales de construcción y en otros usos.

Según un grupo de lobby y asociación gremial de la industria del ramo, la American Coal Ash Association [Asociación estadounidense de la industria del carbón], la venta y uso de los productos de la combustión del carbón es una industria que mueve miles de millones de dólares. En su definición de productos de la combustión del carbón, la asociación incluye los subproductos de las centrales eléctricas tales como ceniza volante, ceniza del fondo, escoria de la caldera y varios otros residuos de los dispositivos de control de emisiones y desulfuración de los gases de combustión.²⁸⁷

Los residuos de los sistemas de desulfuración de los gases de combustión (DGC) pueden ser recuperados y utilizados para producir yeso sintético. En Estados Unidos, por ejemplo, el 75 por ciento de estos residuos se recuperan y se utilizan. La mayoría se destina a la fabricación de paneles de yeso sintético, un material de construcción muy usado en el interior de las casas.²⁸⁸ Existe un promedio cercano a las 8 toneladas de yeso en los paneles de cada nueva casa estadounidense. Hacia 2009, el uso de yeso derivado de los residuos de carbón aumentó más del triple y actualmente constituye más de la mitad del yeso utilizado en Estados Unidos.²⁸⁹

286 Charles E. Miller et al., "Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants," citado más arriba.

287 James Kilgroe et al., "Fundamental Science and Engineering of Mercury Control in Coal-Fired Power Plants," citado más arriba.

288 Coal Ash Facts, <http://www.coalashfacts.org/>.

289 Charles E. Miller et al., "Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants," citado más arriba.

Debido a que los DGC operan a temperaturas relativamente bajas, los estudios han constatado que durante su uso, en la fase de vapor, algunos elementos traza volátiles se condensan y son eliminados de los gases de combustión. Se ha indicado que los DGC pueden eliminar de esta forma parte del mercurio elemental gaseoso de los gases de combustión.²⁹⁰ Esto sugiere, sin embargo, que en los residuos de los DGC puede haber mercurio elemental, con posibilidades de revolatilización y liberación.

No hay muchos datos sobre liberación de mercurio del yeso sintético derivado de residuos, pero los datos que sí existen son preocupantes. Se hicieron pruebas en una fábrica de paneles que usa residuos recuperados de los DGC de las centrales eléctricas. Los investigadores midieron el contenido de mercurio del yeso sintético entrante y el contenido de mercurio del yeso saliente y calcularon la cantidad de mercurio que se pierde durante el proceso de fabricación. Se efectuó una serie de cinco pruebas de los paneles elaborados con yeso sintético proveniente de distintas centrales eléctricas y con distintas configuraciones de dispositivos de control de la contaminación. En la primera prueba, el total de mercurio perdido entre el yeso entrante y el producto final fue el 5 por ciento. En la segunda prueba, la pérdida total fue del 8 por ciento. En la tercera prueba, la pérdida total fue del 46 por ciento. No se entregó información sobre las pérdidas totales detectadas en la cuarta prueba, pero parecen haber sido pequeñas. Y en la quinta prueba, la pérdida total fue del 51 por ciento.²⁹¹

Los resultados de estas pruebas sugieren que puede haber una liberación significativa de mercurio en el medio ambiente y en el lugar de trabajo durante la fabricación de paneles de yeso sintético derivado de residuos. El yeso sintético también puede liberar mercurio antes de llegar a la planta de paneles. El uso creciente de yeso sintético derivado de residuos puede invalidar la efectividad de los DGC para eliminar el mercurio de los gases de combustión debido a que la mayor parte del mercurio eliminado originalmente por los DGC puede ser emitido nuevamente al medio ambiente antes o durante la fabricación del panel.

Las pruebas descritas arriba y el informe sobre ellas fueron realizados por encargo de la U.S. EPA, por científicos de una de las principales empresas que fabrican paneles de yeso sintético. El informe indica que el contenido de mercurio de los paneles salientes sometidos a las pruebas osciló entre un máximo de 0,95 y un mínimo de 0,02 ppm.²⁹² Sin embargo, parece haber muy pocos datos de fuentes independientes sobre el contenido de mercurio de los paneles hechos de yeso sintético. Un estudio de la U.S. EPA sí informó que el contenido de mercurio de dos muestras de paneles fabricados en Estados Unidos que fueron sometidas a prueba fue de 2,08 ppm y de 0,0668 ppm. El mismo estudio encontró que el contenido de mercurio de dos muestras de paneles fabricados en China que fueron sometidas a prueba fue de 0,562 ppm y 0,19 ppm.²⁹³ Es necesario disponer

290 "Soaring Use of Coal Waste in Homes Risks Consumer Headache," Public Employees for Environmental Responsibility (PEER), 2010, http://www.peer.org/news/news_id.php?row_id=1327.

291 "Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment," AMAP and UNEP, citado más arriba.

292 Charles E. Miller et al., "Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants," citado más arriba.

293 Jessica Sanderson, "Fate of Mercury in Synthetic Gypsum Used for Wallboard Production," USG Corporation, 2008, http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/coal_utilization_byproducts/pdf/42080FinalRpt20080624.pdf.

de muchos más datos de fuentes independientes sobre el contenido de mercurio de los paneles de yeso sintético derivado de residuos.

Parece no haber estudios disponibles sobre la exposición al mercurio en los trabajadores que instalan estos paneles. Sin embargo, un estudio publicado por científicos y consultores de ese sector industrial pretende mostrar que el mercurio del aire interior de las habitaciones con paneles hechos de yeso sintético no es motivo de preocupación. No obstante, no queda claro en el estudio cómo pueden usarse su metodología y sus resultados para justificar esta conclusión. El informe sobre la investigación aporta algunos datos interesantes. Se midieron los flujos de mercurio en salas pequeñas que contenían muestras de paneles de yeso natural y salas que contenían muestras de paneles de yeso sintético. Se observaron flujos de $0,92 \pm 0,11$ nanogramos por metro cuadrado (ng/m²) diarios en el caso de los paneles de yeso natural y flujos de $5,9 \pm 2,4$ ng/m² diarios en el caso de los paneles de yeso sintético.²⁹⁴ Esto es, los flujos medidos de mercurio asociados a los paneles de yeso sintético eran seis veces más altos que los flujos asociados a los paneles de yeso natural. Esto sugiere un posible motivo de preocupación. Sería muy útil contar con estudios independientes sobre la liberación de mercurio del yeso sintético.

La ceniza volante capturada por los filtros de tela y los precipitadores electrostáticos de las carboeléctricas también se utiliza. Según una asociación gremial de ese sector industrial, cada año se producen en Estados Unidos 70 millones de toneladas de ceniza volante. Casi el 45 por ciento de esta ceniza se recicla posteriormente para algún uso, y los operadores de centrales termoeléctricas están haciendo todo lo posible para aumentar este porcentaje. Una buena parte de la ceniza se mezcla con cemento, en diversas proporciones, para hacer concreto. Fuentes empresariales del sector afirman que el mercurio está adherido firmemente a la ceniza volante y que se libera muy poco mercurio del concreto terminado o durante la mezcla y secado del concreto. Sin embargo, no parece haber suficientes datos de fuentes independientes para apoyar esta afirmación. Tampoco parece haber dato alguno que entregue un cálculo de las emisiones totales de mercurio a nivel mundial asociadas a la fabricación y uso de materiales de construcción derivados de ceniza volante. Más aún, a medida que los operadores de centrales de todo el mundo introduzcan innovaciones tecnológicas para aumentar la eficiencia de sus dispositivos de control de la contaminación para capturar el mercurio, el contenido total de mercurio de la ceniza volante y de otros residuos de los DCCA seguirá aumentando. Hay que seguir trabajando para encontrar el destino final en el medio ambiente del mercurio contenido en la ceniza volante y en otros residuos capturados por los DCCA.

Las centrales termoeléctricas envían parte de la ceniza volante capturada por los precipitadores electrostáticos y los filtros de tela a los hornos de cemento, donde la ceniza volante es mezclada con otras materias primas y luego la mezcla se calienta a temperaturas que pueden llegar a 1450°C. A estas elevadas temperaturas, prácticamente todo el mercurio de la ceniza volante –mercurio que originalmente había sido retirado de los gases de combustión de las centrales termoeléctricas por los

294 "Drywall Sampling Analysis," U.S. EPA, 2009, linked to <http://www.pharosproject.net/index/blog/mode/detail/record/40>.

precipitadores electrostáticos y los filtros de tela— se vaporiza y de nuevo es liberado, esta vez en los gases de combustión de los hornos de cemento.²⁹⁵

Los operadores de centrales termoeléctricas buscan formas de utilizar los productos de la combustión del carbón a fin de bajar sus costos de eliminación de residuos. A medida que el mundo avanza hacia la implantación de controles regulatorios más estrictos sobre las emisiones de mercurio de las carboeléctricas, la oferta mundial de ceniza volante rica en mercurio y de otros residuos de los DCCA irá creciendo rápidamente, al igual que los incentivos para ampliar los actuales mercados de residuos de DCCA y encontrar mercados nuevos.

Sin embargo, la práctica de reutilizar los residuos de los DCCA parece removilizar buena parte del mercurio que había sido capturado previamente por los DCCA de las carboeléctricas. Un convenio global sobre el mercurio debe considerar cuidadosamente la forma de prevenir las prácticas que puedan significar reemisiones de mercurio que incrementen el mercurio atmosférico mundial o que contaminen el aire interior de los hogares y los puestos de trabajo.

Aspectos locales y globales de la contaminación por mercurio

Las emisiones de mercurio de las carboeléctricas atraen por lo general más atención pública y política y generan más estudios que la mayoría de las otras fuentes de contaminación por mercurio. Una de las razones es que las emisiones atmosféricas desde las carboeléctricas mal controladas incluyen no solo emisiones de mercurio elemental gaseoso, sino también grandes cantidades de mercurio adherido a partículas y mercurio oxidado (como cloruro de mercurio y óxido de mercurio). Aunque la mayor parte de las emisiones de mercurio elemental gaseoso permanecen en la atmósfera durante largos períodos, el mercurio adherido a partículas y el mercurio oxidado tienden a residir por períodos mucho más cortos en la atmósfera y a caer a tierra a sotavento de estas centrales termoeléctricas. Por ejemplo, algunos investigadores del estado de Ohio, Estados Unidos, observaron que más del 70 por ciento del mercurio asociado a las precipitaciones (deposiciones húmedas) provenía de carboeléctricas locales.²⁹⁶ El hecho de que una buena parte de las emisiones de mercurio adherido a partículas y de mercurio oxidado caiga a tierra relativamente cerca de las centrales, tiende a aumentar la cantidad de metilmercurio en los lagos y ríos ubicados a sotavento de las centrales termoeléctricas y en los peces que se pescan en ellos. Cuando los reguladores y el público se dan cuenta de esta conexión entre las carboeléctricas mal controladas y el aumento de los niveles de contaminación con metilmercurio de los peces de los lagos

295 Scott S. Shock et al., "Evaluation of Potential for Mercury Volatilization from Natural and FGD Gypsum Products Using Flux-Chamber Tests," *Environmental Science & Technology*, March 2009, <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es802872n#afn3>.

296 "Cementing a Toxic Legacy?" Earthjustice Environmental Integrity Project, 2008, http://www.earthjustice.org/sites/default/files/library/reports/ej_eip_kilns_web.pdf.

y ríos ubicados en la dirección del viento, por lo general aumenta la presión pública y política a favor de una mayor vigilancia y un mejor control de las emisiones de las centrales termoeléctricas.

Por otro lado, cualquier fuente antropogénica de mercurio que libere principalmente mercurio elemental gaseoso tenderá a causar un impacto ambiental localizado mucho menor. Las emisiones de mercurio elemental tienden a permanecer en la atmósfera entre seis meses y dos años y tienden a dispersarse con los vientos a través de toda la tierra. Eventualmente, este mercurio también cae a tierra, pero con escasa o ninguna conexión obvia entre la fuente de la contaminación y la masa de agua donde se descubren los peces contaminados. Debido a ello es frecuente que exista una menor comprensión pública y política de la relación entre las fuentes de emisión de mercurio elemental gaseoso y su eventual impacto ambiental. En lo que respecta a las actividades humanas que principalmente liberan mercurio en la atmósfera en forma de mercurio elemental gaseoso, su impacto tiende a ser difuso a nivel mundial, más que local o regional. Por consiguiente se hace necesario un enfoque a nivel mundial que comprenda en su totalidad el impacto de estas emisiones, y solo un enfoque a nivel mundial puede proteger de manera efectiva la salud humana y el medio ambiente de este impacto.

Otra estrategia que pueden usar las carboeléctricas para reducir las emisiones de mercurio es la limpieza del carbón y otras formas de procesamiento previo del carbón. Las centrales acostumbran usar procedimientos de limpieza del carbón bituminoso para eliminar los residuos mineros y reducir la ceniza y el azufre. Se estima que las prácticas habituales de limpieza del carbón bituminoso común reducen las emisiones de las centrales termoeléctricas en un 37 por ciento, aproximadamente.²⁹⁷ También se han discutido y fomentado procesos más avanzados de limpieza y de tratamiento del carbón que pueden lograr una mayor eficiencia en la eliminación del mercurio. Un ejemplo que se cita es la tecnología K-fuel. Es una tecnología patentada que usa calor y presión para transformar física y químicamente los combustibles de baja calidad en combustibles sólidos de alto poder calorífico (high-BTU). El proceso retira la ceniza y el mercurio del carbón y así tiene la posibilidad de producir combustibles con bajo contenido de mercurio y con mayor potencia calorífica.²⁹⁸

En la mayoría de los casos, la decisión de los operadores de centrales termoeléctricas o de calderas de usar carbón limpiado o tratado se debe a

297 Emily M. White, Gerald J. Keeler, and Matthew S. Landis, "Spatial Variability of Mercury Wet Deposition in Eastern Ohio: Summertime Meteorological Case Study Analysis of Local Source Influences," *Environmental Science & Technology* 43, no. 13, 2009, p. 4,946-53, doi:10.1021/es803214h, <http://dx.doi.org/10.1021/es803214h>.

298 B. Tooleoneil et al., "Mercury Concentration in Coal—Unraveling the Puzzle," *Fuel* 78, no. 1, 1999, p. 47-54, doi:10.1016/S0016-2361(98)00112-4, [http://dx.doi.org/10.1016/S0016-2361\(98\)00112-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0016-2361(98)00112-4).

consideraciones económicas como la necesidad de incrementar la eficiencia combustible del carbón con que se cuenta o la necesidad de cumplir con las normas de control de la contaminación sin grandes inversiones para mejorar la eficiencia de la planta o para adquirir nuevos DCCA. La opinión de los expertos, sin embargo, parece estar dividida respecto de hasta qué punto los procesos avanzados de limpieza y de tratamiento del carbón son económicamente competitivos con otras posibles tecnologías de control del mercurio.²⁹⁹ Un convenio mundial sobre el mercurio, sin embargo, podría influir en esos cálculos económicos: podría impulsar nuevas investigaciones y desarrollos en esta área e incluso crear incentivos para que los operadores mejoren la eficiencia y los DCCA de sus plantas y también para que usen carbón que haya sido sometido a procesos avanzados de limpieza o de tratamiento.

En resumen, se pueden usar muchas técnicas diferentes para reducir las emisiones de mercurio de las carboeléctricas y de las calderas industriales. Las siguientes son algunas de esas técnicas:

- Medidas para aumentar la eficiencia de las centrales termoeléctricas y de las calderas
- Instalar dispositivos de control de la contaminación del aire o actualizar los existentes
- Usar diversas técnicas para convertir, de manera más completa, el mercurio elemental gaseoso de los gases de combustión en mercurio oxidado y/o mercurio adherido a partículas
- Limpiar, mezclar o procesar previamente el carbón
- Sustitución, esto es, decidir reemplazar las carboeléctricas por fuentes de energía alternativas que generen menos contaminación por mercurio o que no generen contaminación por mercurio en absoluto

Un convenio de control del mercurio puede promover la investigación orientada a mejorar la eficiencia y reducir el precio de las técnicas y tecnologías de reducción del mercurio como las que se detallan más arriba. Puede además promover la investigación sobre enfoques que permitan ampliar las elecciones disponibles. Llegado el caso, sin embargo, habrá muchos factores de los que va a depender cuál de estas técnicas elegirá un operador, si es que elige alguna, a fin de reducir la contaminación por

²⁹⁹ James Kilgroe et al., "Fundamental Science and Engineering of Mercury Control in Coal-Fired Power Plants," citado más arriba.

mercurio. Un factor importante serán las características y precios de las ofertas de carbón disponibles a nivel local, porque el desempeño de las distintas técnicas de control del mercurio puede variar de acuerdo a las características del carbón que se quema. Entre otros factores importantes están el costo y la disponibilidad locales de las técnicas y tecnologías para mejorar la eficiencia de las instalaciones o para eliminar eficazmente el mercurio de los gases de combustión; el costo de una gestión apropiada de todos los residuos resultantes, especialmente de las liberaciones o las transferencias de residuos de mercurio; y la disponibilidad, a nivel local, del conocimiento y la experiencia necesarios para hacer una buena selección de las tecnologías y luego usarlas de manera eficaz.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, incluso si hay disponibilidad de técnicas y tecnologías eficaces para el control del mercurio, los operadores de las centrales termoeléctricas no invertirán en ellas si no existe un incentivo de tipo regulatorio, un incentivo económico, o ambos. Esto se debe a que los operadores de centrales termoeléctricas tienen una fuerte motivación para generar electricidad al costo más bajo posible. Por otro lado, un convenio global con medidas jurídicamente vinculantes puede reducir al mínimo las ventajas económicas que obtienen actualmente los más grandes contaminadores y puede ayudar a establecer reglas de juego equitativas para todos.

Sin embargo, los operadores sí gastarán su propio dinero para reducir las emisiones de mercurio si son impulsados a hacerlo por las políticas y regulaciones gubernamentales, especialmente si entienden que el costo de no ajustarse a ellas será aún más alto que el de cumplir con ellas. Además, incluso si no existe una exigencia vinculante específica, los operadores aceptarán el uso de técnicas eficaces de reducción del mercurio si se les otorga incentivos adecuados. Tales incentivos pueden incluir asistencia financiera o técnica. O pueden incluir mayor acceso a las técnicas y tecnologías para mejorar la eficiencia operativa de las instalaciones y reducir por lo tanto el costo de producir una unidad de energía. Los gobiernos que participan en la negociación del nuevo convenio mundial de control del mercurio tendrán el desafío de lograr acuerdos sobre un paquete de medidas que incluyan reglamentos jurídicamente vinculantes, bien diseñadas y ejecutables, y suficientes incentivos financieros y técnicos, que en conjunto podrán impulsar una reducción mundial importante de la contaminación por mercurio causada por las centrales termoeléctricas.

El paquete de medidas que se negocie tendrá que conciliar objetivos que compiten entre sí: contribuir de manera positiva a la reducción de las emisiones de mercurio en el mundo y a la vez mantener, o incluso ampliar, los objetivos nacionales de desarrollo económico y de reducción de la pobreza. Lograr estos objetivos demandará un duro trabajo y esfuerzos creativos por parte de los negociadores que reconocen tanto los graves daños para la salud y el medio ambiente que causa la contaminación por mercurio, como la necesidad urgente que tienen muchos países en desarrollo de ampliar el acceso a servicios eléctricos confiables mediante la expansión de la capacidad generadora de energía a nivel nacional.

Con el fin de alcanzar acuerdos significativos sobre el control de la liberación de mercurio en las carboeléctricas, puede ser necesario introducir paulatinamente medidas de control que sean vinculantes y ejecutables. Las medidas podrían formularse en términos similares a las disposiciones sobre mejores técnicas disponibles (MTD) del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Conforme a condiciones acordadas, estas medidas podrían requerir que los gobiernos que son partes en el convenio impongan y/o promuevan el uso de las MTD en las carboeléctricas de sus países. Aún más, las medidas sobre MTD del convenio podrían estar estrechamente vinculadas con las disposiciones del convenio relacionadas con el otorgamiento de asistencia técnica y financiera a los países en desarrollo y países con economías en transición, a fin de garantizar que las partes puedan implementar las disposiciones del convenio sin poner en riesgo sus objetivos nacionales de desarrollo económico y de reducción de la pobreza.

Al igual que en el Convenio de Estocolmo, no es necesario incorporar una definición y directrices totalmente elaboradas para las MTD en el texto mismo del convenio. Más bien, el convenio podría definir las MTD en términos conceptuales e instruir a la Conferencia de las Partes (CP, o COP en inglés) para que establezca un Grupo de Expertos sobre MTD que prepare directrices preliminares para las MTD a fin de que sean adoptadas por la CP, y que también efectúe la revisión y actualización de las directrices en forma periódica. Estas directrices evolutivas para las MTD podrían incluir revisiones y actualizaciones relacionadas con los calendarios y condiciones bajo los cuales las disposiciones sobre MTD del convenio pasarán a ser jurídicamente vinculantes.

En forma paralela, la CP también podría realizar revisiones periódicas de la disponibilidad, en la práctica, de asistencia técnica y financiera que respalde la implementación de las directrices para las MTD. Los resultados de estas revisiones podrían estar estrechamente vinculados con las decisiones sobre los calendarios y condiciones bajo los cuales las disposiciones sobre las MTD pasan a ser jurídicamente vinculantes. Este enfoque dual podría contribuir a los acuerdos sobre un convenio que puede imponer controles importantes sobre las carboeléctricas sin debilitar los objetivos nacionales de desarrollo económico y de reducción de la pobreza.

Al igual que en el Convenio de Estocolmo, las directrices para las MTD podrían incluir además disposiciones que estimulen a los operadores que desean construir una nueva central eléctrica o modificar sustancialmente una central existente, a tomar en consideración las tecnologías energéticas alternativas que liberan menos o nada de mercurio en el medio ambiente. Si estas disposiciones quedan incorporadas en las directrices, el apoyo técnico o financiero que estuviera destinado a ayudar a implementar las disposiciones sobre MTD del convenio sobre el mercurio podría usarse para incorporar tecnologías de energía alternativa.

9.2 Otros tipos de combustión de combustibles fósiles

Los cálculos más difundidos sobre emisiones de mercurio de fuentes de combustión de combustibles fósiles distintas a las carboeléctricas parecen ser menos completos y menos exactos que los cálculos de emisiones de las carboeléctricas. Muchos gobiernos de Europa Occidental, América del Norte y otros lugares han exigido que se mantenga una vigilancia amplia de las emisiones de gas de chimenea de las carboeléctricas de sus países y esta vigilancia ha incluido con frecuencia la medición de las emisiones de mercurio. Debido a ello se ha reunido una cantidad importante de datos sobre emisiones de mercurio de carboeléctricas de muchos países. Estos datos han hecho posible el desarrollo de factores de emisión que se han utilizado para realizar cálculos aproximados de las emisiones de mercurio de las centrales eléctricas incluso en países donde la vigilancia del gas de chimenea de las centrales termoeléctricas ha sido menos común. Por otro lado, los cálculos de emisiones de mercurio de fuentes de combustión de combustibles fósiles distintas de las carboeléctricas parecen estar basados en cantidades menores de datos y en estudios menos amplios.

Calefacción residencial

Se ha calculado que las emisiones de mercurio de la combustión de carbón para la calefacción, la cocina y otras fuentes similares de tipo residencial y comercial corresponden aproximadamente al 20 por ciento del total mundial de emisiones antropogénicas de mercurio.³⁰⁰ El uso de carbón para la calefacción residencial también libera gases de invernadero en el ambiente. Además libera otros contaminantes tóxicos que contribuyen a la grave contaminación del aire a nivel local y a las enfermedades respiratorias y otras enfermedades asociadas. Por lo tanto, las medidas para promover y hacer posible el reemplazo de las calderas y estufas a carbón por alternativas de calefacción residencial menos contaminantes no solo reducirá la contaminación total por mercurio a nivel mundial, sino que también puede ayudar a reducir las emisiones de gas de invernadero a nivel mundial y la nociva contaminación del aire a nivel local.

Productos de petróleo

La refinación y quema de petróleo y de sus productos también contribuye a la contaminación mundial por mercurio. Según un proveedor tecnológico de las empresas del sector, el mercurio es un componente habitual del petróleo, y el procesamiento del petróleo a menudo va acompañado por la generación de flujos de residuos que contienen algo de mercurio. Los sistemas para eliminar el mercurio son comunes en la industria, y el incentivo principal para su uso es la protección del equipo y los catalizadores de la planta. Las plantas que carecen de sistemas de eliminación del mercurio generan lodo, sedimentos y otros flujos de residuos contaminados con mercurio. En algunos lugares donde la concentración del mercurio en las emisiones de los procesos es alta, es posible que los sistemas de tratamiento para la gestión adecuada de los residuos de mercurio no estén fácilmente disponibles o no tengan precios asequibles.³⁰¹

El informe del PNUMA “Technical Background Report” afirma que hay muy pocos datos sobre las concentraciones de mercurio presentes en los crudos y señala que hay informes en la literatura sobre concentraciones de mercurio en crudos que llegan hasta 30 ppm. Concluye, sin embargo, que los mejores datos sugieren que la concentración de mercurio en los crudos tiende a hallarse en el rango de 0,01 ppm y 0,5 ppm. (A modo de comparación, el “Technical Background Report” indica que las

300 Charles E. Miller et al., “Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants,” citado más arriba.

301 “Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment,” AMAP and UNEP, citado más arriba.

concentraciones de mercurio en el carbón se encuentran en el rango de 0,01 ppm a 0,5 ppm.) El “Technical Background Report” sugiere que las emisiones de mercurio asociadas a la combustión de productos del petróleo tienden a ser uno o dos órdenes de magnitud inferiores a las emisiones de mercurio de la combustión del carbón, pero reconoce que esta conclusión se basa en datos limitados. Aún se necesita bastante trabajo para obtener mejores estimaciones de las emisiones atmosféricas de mercurio y de otras liberaciones provenientes de plantas procesadoras de petróleo y sus productos, y también queda trabajo pendiente en lo que se refiere al cálculo de las emisiones de mercurio de las instalaciones y de los vehículos que queman productos derivados del petróleo.

Productos de petróleo de esquisto y arenas petrolíferas

A los actuales precios del petróleo es caro producir productos de petróleo de esquisto y actualmente solo se utilizan unos cuantos depósitos de esquisto bituminoso para producir productos de petróleo. La producción de petróleo de esquisto se desarrolla en Brasil, China, Estonia, Alemania e Israel.³⁰² Parece no haber datos disponibles sobre la liberación de mercurio causada por la producción de petróleo de esquisto. Sin embargo, el procesamiento de esquisto para producir petróleo puede ser una fuente de liberación de mercurio en el medioambiente. Existen grandes reservas de esquisto bituminoso y a medida que los precios del petróleo suben, es posible que estas reservas comiencen a ser cada vez más utilizadas para la producción de petróleo.

Un estudio de 1983 sobre el esquisto de la Formación de Green River (Green River Formation, Estados Unidos) sugiere que la producción de petróleo de esquisto puede liberar grandes cantidades de mercurio al medio ambiente.³⁰³ El estudio calcula que es necesario procesar entre 8 y 16 kilos de esquisto para producir cada litro de productos/derivados de petróleo. En el esquisto se encuentran cantidades traza de mercurio, en concentraciones habituales para los materiales sedimentarios. Durante el procesamiento se calienta el esquisto a 500 oC, lo que crea la posibilidad de movilización de casi todo su contenido de mercurio, debido a la volatilidad del mercurio y sus compuestos. El estudio calcula que una instalación que procese esquisto de la Formación Green River en cantidad suficiente para producir 8 millones de litros de petróleo diarios generaría aproximadamente 8

302 “Generation and Disposal of Petroleum Processing Waste That Contains Mercury,” Mercury Technology Services, <http://hgtech.com/Publications/waste.html>.

303 2007 “Survey of Energy Resources,” World Energy Council, http://www.worldenergy.org/documents/ser2007_final_online_version_1.pdf

kilos de emisiones atmosféricas de mercurio cada día. Esto sugiere que un convenio mundial de mercurio debería incluir disposiciones para controlar las emisiones de la producción de petróleo de esquisto, anticipándose a una fecha futura en que posiblemente se procesen cantidades más grandes de petróleo de esquisto.

La producción de productos de petróleo de arenas petrolíferas (llamadas también arenas bituminosas) puede ser otra fuente de contaminación por mercurio. Hay muy pocos datos sobre liberaciones de mercurio de esta fuente, pero un estudio reciente encontró evidencias de que la industria canadiense de arenas petrolíferas ha liberado cantidades importantes de mercurio en el Río Athabasca y su cuenca.³⁰⁴ Debería haber más y mejores datos sobre liberaciones de mercurio de la industria de arenas petrolíferas y de la industria de petróleo de esquisto.

Gas natural

Existe también muy poca información sobre liberaciones de mercurio asociadas a la combustión del gas natural. Como se señaló en una sección anterior de este librito, el mercurio es eliminado de manera rutinaria del gas natural sometido a licuefacción, porque incluso en concentraciones bastante bajas puede corroer el equipo usado en las etapas finales del proceso. Sin embargo, fuera de la Unión Europea, existen datos muy escasos sobre el destino final en el medio ambiente de este mercurio eliminado.

Además, algunos países y regiones tienen concentraciones tan altas de mercurio en su gas natural que los operadores deben eliminarlo del gas antes de distribuirlo. Este es el caso, al parecer, de algunos países que bordean el Mar del Norte y de Argelia y Croacia. De los datos del informe del PNUMA “Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury”, se desprende que existe gas natural con niveles igualmente altos de mercurio en algunos países de Sudamérica, Lejano Oriente y Medio Oriente, al igual que en Sudáfrica, Sumatra, y posiblemente en otros países. Es de suponer que si no se elimina el mercurio de ese gas, y si el gas es distribuido y utilizado, el resultado será la emisión de cantidades importantes de mercurio. Al igual que con los productos de petróleo, ciertamente hay necesidad de más datos y más trabajo en esta área por parte del PNUMA y otras instituciones.

304 “Mercury Emissions from a Modified In-Situ Oil Shale Retort,” Alfred T. Hodgson, et al, Atmospheric Environment, 1984

9.3 Producción de cemento

Según el informe del PNUMA “Global Atmospheric Mercury Assessment”, los hornos de cemento liberan anualmente unas 189 toneladas métricas de mercurio en la atmósfera. Esto corresponde aproximadamente al 10 por ciento del total de emisiones antropogénicas de mercurio en la atmósfera, a nivel mundial, según los cálculos del PNUMA.

Gran parte del mercurio liberado de los hornos de cemento se encuentra de manera natural en las materias primas utilizadas en la fabricación de cemento. Estas incluyen fuentes de calcio, el elemento de mayor concentración en el cemento. Entre las materias primas de las que se deriva el calcio están la caliza, la tiza, las conchas de mar y otras formas de carbonato de calcio de origen natural. Otra categoría de fuentes de materia prima son las menas y minerales que contienen elementos tales como silicón, aluminio o hierro. Se incluyen acá arenas, esquistos, arcillas y mineral de hierro.³⁰⁵ Todas estas materias primas pueden contener alguna cantidad de mercurio de origen natural. Antes de ir al horno se muelen y se mezclan.

Muchos operadores de plantas de cemento agregan a esta mezcla de materias primas de origen natural, cantidades de ceniza volante proveniente de los dispositivos de control de la contaminación del aire de las centrales termoeléctricas. Como se indicó anteriormente, esta ceniza volante contiene mercurio capturado previamente por los filtros de tela o por los precipitadores electrostáticos de las carboeléctricas donde se originaron las cenizas. En 2005, 39 operadores de plantas de cemento de Estados Unidos mezclaron un total de 2,7 millones de toneladas métricas de ceniza volante con las materias primas que llegan a sus hornos de cemento.³⁰⁶

Además de las materias primas, los hornos de cemento usan también grandes cantidades de combustible para calentar las materias primas a alta temperatura. Los combustibles usados en los hornos de cemento son carbón, coque de petróleo, petróleo pesado, gas natural, gas de relleno sanitario y gas de antorchas de refinería de petróleo. Además de estos combustibles primarios, también se usan materias combustibles de desecho para alimentar los hornos, incluyendo llantas usadas y residuos peligrosos.³⁰⁷

305 “Oil sands development contributes elements toxic at low concentrations to the Athabasca River and its tributaries.” Erin N. Kelly and David W. Schindler, et al, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, July 2010, <http://www.pnas.org/content/107/37/16178.full?sid=800be74f-98bb-4117-a945-bb9ec73936b0>

306 “Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds,” Portland Cement Manufacturing, U.S. EPA, 1997, <http://www.epa.gov/ttnchie1/le/mercury.pdf>.

307 “Cementing a Toxic Legacy?” Earthjustice Environmental Integrity Project, citado más arriba.

Estos combustibles también pueden contener cantidades importantes de mercurio. El gas de relleno sanitario puede ser especialmente problemático porque puede contener el mercurio que llegó originalmente al relleno sanitario en los productos desechados que contenían mercurio. Se necesita más información sobre el contenido de mercurio de todos los combustibles usados en los hornos de cemento, porque es probable que todos sean fuentes importantes de mercurio.

La mezcla de materias primas, que a menudo incluye ceniza volante, ingresa al horno y es calentada a temperaturas de hasta 1450 o C. A estas temperaturas, los elementos de las materias primas se funden y reaccionan entre sí para producir silicatos y otros compuestos. El material producido en el horno se denomina clinker y contiene dos tercios o más de silicatos de calcio por peso. El clinker luego pasa a molienda hasta quedar reducida a un polvo fino, que es el componente principal del cemento.³⁰⁸

Con las altas temperaturas que se producen en el horno de cemento, el mercurio que está presente en las materias primas, en el combustible y en la ceniza volante, se vaporiza. Los dispositivos de control de la contaminación del aire pueden capturar algo de mercurio en la chimenea del horno de cemento, pero la mayor parte es liberada en la atmósfera.

Lista de contaminantes de los hornos de cemento

Los hornos de cemento no solo liberan mercurio y sus compuestos en la atmósfera, sino también otros contaminantes. El principal contaminante liberado en los hornos de cemento es el dióxido de carbono, un gas de invernadero que se produce por la combustión del combustible y por las reacciones que se producen en las materias primas.

Otras emisiones de los hornos de cemento:

- Plomo y sus compuestos
- Cromo y sus compuestos
- Manganeso y sus compuestos
- Zinc y sus compuestos
- Níquel y sus compuestos
- Benceno, etilbenceno, tolueno, xileno, etilenglicol, y metil isobutil cetona
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos
- Dioxinas, furanos y PCB
- Tetracloroetileno y diclorometano
- Emisiones de materia particulada
- Oxidos de nitrógeno
- Dióxido de azufre y ácido sulfúrico
- Monóxido de carbono
- Carbono orgánico total
- Compuestos gaseosos de cloro inorgánico, tales como el cloruro de hidrógeno
- Compuestos gaseosos de fluor inorgánico ,

308 Artículo de Wikipedia (en inglés) sobre los hornos de cemento, http://en.wikipedia.org/wiki/Cement_kiln.

En agosto de 2010, la EPA finalizó la elaboración del nuevo reglamento que controlará las emisiones de mercurio en todos los hornos de cemento de Estados Unidos Según declaraciones de la agencia, cuando se implementen en su totalidad estas nuevas reglas, en 2013, las emisiones de mercurio de los hornos de cemento de Estados Unidos reducirán su volumen en 7,5 toneladas métricas (16.600 libras). Esto equivaldría a una reducción del 92 por ciento de los niveles actuales.³⁰⁹

La regulación establece valores límite de emisiones de mercurio para los hornos de cemento. En condiciones de funcionamiento normal, los nuevos hornos de cemento tendrán un límite de 21 libras (9,5 kg) de emisiones de mercurio por un millón de toneladas métricas de clinker producido. Los molinos existentes tendrán un límite de 55 libras (25 kg) de emisiones de mercurio por un millón de toneladas métricas de clinker producido. Se les exigirá a los operadores vigilar en forma continua sus emisiones de mercurio, para garantizar que cumplen con los valores límite de las emisiones. Las nuevas reglas relajarán las actuales restricciones de Estados Unidos para el uso de ceniza volante como materia prima en los hornos de cemento, pero solo cuando estén vigentes (y cumpliéndose) los nuevos valores límite para las emisiones de mercurio. Además de controlar las emisiones de mercurio, las nuevas reglas también controlarán las emisiones de hidrocarburos totales, material particulado, gases ácidos, dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) provenientes de los hornos de cemento.³¹⁰ La vigilancia continua de las emisiones de mercurio de los hornos de cemento es también un requisito jurídicamente vinculante en al menos otros dos países: Alemania y Austria.³¹¹

La EPA calcula que el cumplimiento de las nuevas normas para los hornos de cemento le costará a la industria del sector entre US\$926 y US\$ 950 millones al año, comenzando en 2013, cuando entre en efecto el nuevo reglamento. Calcula además la EPA que las normas entregarán beneficios para la salud y el medio ambiente por un valor que oscila entre US\$6.700 millones y US\$ 8 mil millones al año.³¹²

309 "Taking Stock: 2003 North American Pollutant Releases and Transfers," Commission for Environmental Cooperation, July 2006, http://www.cec.org/Storage/60/5254_TS03_Overview_en.pdf.

310 "EPA Sets First National Limits to Reduce Mercury and Other Toxic Emissions from Cement Plants," U.S. EPA press release, August 9, 2010, <http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/e77fdd4f5afd88a3852576b3005a604f/ef62ba1cb3c8079b8525777a005af9a5!OpenDocument>.

311 "National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from the Portland Cement Manufacturing Industry and Standards of Performance for Portland Cement Plants, U.S. EPA Final Rule, August 2010, http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/fr_notices/portland-ccement_fr_080910.pdf.

312 "Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries," European Commission, May 2010, ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/clm_bref_0510.pdf.

De las nuevas normas de la EPA para los hornos de cemento se desprenden tres observaciones:

1. Es técnicamente factible reducir de manera sustancial las emisiones de mercurio de los hornos de cemento.
2. Existen costos importantes asociados a la reducción de las emisiones de mercurio de los hornos de cemento.
3. Los beneficios para la salud y el medio ambiente logrados por la reducción sustancial de las emisiones de mercurio de los hornos de cemento tienen un valor que puede ser entre siete y 20 veces mayor que el costo de reducir las emisiones.

Un convenio mundial de control del mercurio puede y debe promover y exigir una reducción sustancial de las emisiones de mercurio de los hornos de cemento, incluyendo la exigencia de una vigilancia continua de las emisiones de mercurio y la introducción progresiva de límites estrictos para la emisión de mercurio. Sin embargo, para que sean aceptadas, estas disposiciones posiblemente necesitan estar vinculadas estrechamente a la disponibilidad de asistencia técnica y financiera para los países en desarrollo y los países con economías en transición.

9.4 Extracción y refinación de metales

El mercurio y los compuestos de mercurio están presentes a menudo, a veces en concentraciones relativamente altas, en los minerales de los que se extraen los metales. Según los cálculos de emisiones del informe del PNUMA, la producción industrial de oro (sin contar la minería de oro artesanal y en pequeña escala) representa entre el 5 por ciento y el 6 por ciento de las emisiones mundiales de mercurio causadas por actividades humanas, en tanto que la extracción y fundición de metales distintos del oro representa aproximadamente el 10 por ciento del total. Según el informe, el mercurio no se usa intencionalmente en la minería o en producir metales que no sean oro, y el uso intencional de mercurio no es la norma en la minería industrial de oro. Por lo tanto, el uso intencional del mercurio contribuye sólo en pequeña parte a las emisiones de mercurio de la minería industrial y de las operaciones de refinación.³¹³ Esto sugiere que aproximadamente el 15 por ciento del total de emisiones antropogénicas de mercurio corresponde a liberaciones no intencionales de mercurio asociadas

313 "EPA Sets First National Limits to Reduce Mercury and Other Toxic Emissions from Cement Plants," U.S. EPA press release, citado más arriba.

a la minería metálica en escala industrial y a las operaciones e instalaciones de refinación.

El informe del PNUMA “Global Atmospheric Mercury Assessment” indica que uno de los mecanismos que contribuye a la liberación de mercurio en la minería es la erosión de las rocas que contienen mercurio, al quedar recién expuestas. El informe sugiere, sin embargo, que la principal fuente de emisiones de mercurio de la minería y la refinación de tipo industrial es el procesamiento de los minerales con un alto contenido de mercurio, especialmente cuando estos minerales metálicos son sometidos a procesos de fundición o de tostado (thermal roasting) a altas temperaturas. El informe sugiere además que los dispositivos de control de la contaminación del aire en los hornos de fundición puede prevenir las emisiones de mercurio en la misma forma en que los DCCA previenen las emisiones de las carboeléctricas.³¹⁴

Plata, oro, cobre, plomo, zinc y mercurio, todos tienden a encontrarse en las mismas o en similares formaciones geológicas y tienden a estar entremezclados.³¹⁵ La cantidad de mercurio en los minerales varía mucho. Según una fuente de la EPA, los minerales de oro en Estados Unidos contienen habitualmente entre 0,1 ppm y 1.000 ppm de mercurio, los minerales de zinc contienen habitualmente entre 0,1 ppm y 10 ppm de mercurio, y los minerales de cobre contienen habitualmente entre 0,01 ppm y 1 ppm de mercurio.³¹⁶ Un estudio reciente calculó que las instalaciones para la producción primaria de zinc en China liberaron entre 81 y 104 toneladas métricas de emisiones de mercurio en la atmósfera entre 2002 y 2006.³¹⁷ Otro estudio de fecha reciente encontró que las instalaciones productivas modernas, equipadas con dispositivos de control de la contaminación, como por ejemplo una planta de ácido y una torre de recuperación de mercurio pueden reducir de manera considerable las emisiones de mercurio de las fundiciones de zinc de China.³¹⁸

El mineral de hierro contiene habitualmente menos mercurio que la mayoría de los minerales metálicos. A modo de ejemplo, en el estado

314 “Global Atmospheric Mercury Assessment,” UNEP, citado más arriba.

315 Ibid.

316 W. Charles Kerfoot et al., “Local, Regional, and Global Implications of Elemental Mercury in Metal (Copper, Silver, Gold, and Zinc) Ores,” *Journal of Great Lakes Research*, 2004, http://www.bio.mtu.edu/faculty/kerfoot/jglr_hg_30_sup1_162-184.pdf.

317 Alexis Cain, “Mercury Releases from Industrial Ore Processing,” U.S. EPA, December 6, 2005, <http://www.epa.gov/bns/reports/stakesdec2005/mercury/Cain2.pdf>.

318 Guanghui Li et al., “Mercury Emission to Atmosphere from Primary Zn Production in China,” *Science of the Total Environment*, September 2010, http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V78-50KVG3K-3&_user=10&_coverDate=09%2F15%2F2010&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_us erid=10&md5=685c0374da431ad9c9b8ebf3acf76710.

de Minnesota, Estados Unidos, donde se extrae y procesa el mineral de hierro, las pruebas del contenido de mercurio del mineral han mostrado concentraciones tan bajas como 0,001 ppm y tan altas como 0,9 ppm, aunque al parecer la mayoría de los minerales sometidos a prueba tenían concentraciones de mercurio inferiores a 0,32 pp. Los pellets de mineral de hierro se procesan con calor para reducir las impurezas del mineral antes de embarcarlo hacia las instalaciones de la industria primaria del hierro y el acero. El mineral de hierro de Minnesota produce entre 300 kg y 350 kg de emisiones de mercurio al año.³¹⁹

Sin embargo, la fuente principal de emisiones de mercurio en la producción primaria de hierro y acero, no es el mineral sino el coque metalúrgico. El coque se hace de carbón y los productores de hierro lo usan para reducir el hierro oxidado del mineral, a fin de convertirlo en hierro metálico. La mayor parte de las emisiones de mercurio de la producción primaria de hierro y acero parece derivarse del contenido de mercurio del carbón y es liberada cuando se produce o se utiliza coque. La producción secundaria de acero, por otro lado, no usa mineral de hierro ni coque. En lugar de ello, produce acero a partir de la chatarra de acero, como automóviles y artefactos viejos. Sin embargo, se producen emisiones importantes de mercurio de la producción secundaria de acero que provienen sobre todo de los interruptores u otros artefactos eléctricos que contienen mercurio y que se encuentran a menudo en la chatarra de acero.

La extracción de minerales metálicos es una enorme fuente de contaminación por mercurio

El informe del PNUMA "Global Atmospheric Mercury Assessment" sugiere que la mayor parte de las emisiones atmosféricas de mercurio causadas por las actividades de minería y refinación de metales se derivan de las fundiciones y otros procesos de refinación y no de la extracción minera misma. Sin embargo, se piensa que las emisiones atmosféricas de mercurio, junto con otro tipo de contaminación por mercurio producida directamente por la extracción de minerales metálicos pueden haber sido subestimadas.

Esta conclusión se desprende de una revisión de datos correspondientes al año 2008 encontrados en el Inventario de Liberaciones Tóxicas de Estados Unidos (US Toxic Release Inventory, TRI),³²⁰ que cubre todas las liberaciones y la eliminación de mercurio

319 S.X. Wang et al., "Estimating Mercury Emissions from a Zinc Smelter in Relation to China's Mercury Control Policies," *Environmental Pollution*, July 2010, http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VB5-50SSKM6-1&_user=10&_coverDate=08%2F15%2F2010&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=8622d6c12c9ef4a5b7ddc9995d345e9f.

320 Michael E. Berndt, "Mercury and Mining in Minnesota," Minnesota Department of Natural Resources, 2003, http://files.dnr.state.mn.us/lands_minerals/mercuryandmining.pdf.

y compuestos de mercurio declaradas, correspondientes a 46 instalaciones para la extracción de minerales metálicos y 143 fundiciones y otras instalaciones para la refinación de metales primarios.

Los datos sobre extracción de minerales metálicos proviene de todas las instalaciones dedicadas fundamentalmente a desarrollar sitios mineros o a extraer minerales metálicos en Estados Unidos, al igual que de las instalaciones dedicadas fundamentalmente a operaciones de procesamiento y beneficio (por ejemplo, preparación), que incluyen triturar, moler, lavar, secar, sinterizar, concentrar, calcinar y lixiviar el mineral.

Los datos sobre refinación de metales primarios proviene de todas las instalaciones de Estados Unidos que funden y/o refinan metales ferrosos y no ferrosos a partir de mineral, arrabio o chatarra, usando técnicas de procesos electrometalúrgicos y de otros procesos metalúrgicos.³²¹

Al revisar las emisiones atmosféricas de mercurio y compuestos de mercurio declaradas por las instalaciones de las dos categorías indicadas (incluyendo el total de las emisiones atmosféricas desde fuentes puntuales y el de las emisiones fugitivas al aire), se observa que las operaciones de fundición y refinación tienen emisiones atmosféricas levemente más altas que las de las instalaciones de extracción de minerales metálicos. Las emisiones de mercurio al aire durante 2008 provenientes de las operaciones de fundición y refinación de metal en Estados Unidos corresponden a 3,86 toneladas métricas (8.515 libras); las emisiones de mercurio declaradas en 2008 provenientes de operaciones de extracción de minerales metálicos corresponden a 2,13 toneladas métricas (4.701 libras).

Sin embargo, cuando comparamos todas las liberaciones y transferencias de residuos de mercurio y compuestos de mercurio desde las instalaciones de las dos categorías indicadas más arriba, la situación cambia. En 2008, el total de liberaciones y transferencias declaradas de mercurio de todas las fundiciones y refineras fue de 10,06 toneladas métricas (22.174 libras). Por otra parte, el total declarado para 2008 de liberaciones y transferencias de mercurio desde todas las instalaciones de extracción de minerales metálicos fue de 2.486,24 toneladas métricas (5.481.215 libras). En otras palabras, el total de liberaciones y transferencias desde todas las operaciones de extracción de minerales metálicos de Estados Unidos fue casi 250 veces más grande que el total para 2008 de residuos y transferencias de mercurio desde todas las fundiciones y refineras de metales de Estados Unidos.

Esto no significa que las fundiciones y refineras de metal no sean una fuente importante de contaminación por mercurio. Esto es solo para sugerir que la extracción de minerales metálicos es una fuente grande y relativamente ignorada de liberación de mercurio en el medio ambiente.

De las casi 2.500 toneladas métricas de mercurio y compuestos de mercurio liberadas en el medio ambiente en 2008 desde las operaciones mineras en Estados Unidos, casi todas se quedaron en el sitio de la emisión y fueron liberadas en la tierra. Ninguna (0 libras)

321 Ver <http://www.epa.gov/triexplorer/>

fue llevada a rellenos sanitarios certificados para la recepción de residuos peligrosos. La mayoría, aproximadamente el 90 por ciento del mercurio y compuestos de mercurio –2.205,22 toneladas métricas (4.861.684 libras), según los informes— simplemente fue tirada a la basura. (La descripción técnica de esta categoría de eliminación de residuos es “eliminación in situ, en el suelo, distinta a los rellenos sanitarios, incluyendo actividades tales como colocación en pilas de residuos, y derrames o fugas.”)³²²

Cuando consideramos que la extracción de minerales metálicos en Estados Unidos (donde hay buenos datos disponibles) sólo corresponde a una pequeña fracción de toda la extracción de minerales metálicos a nivel mundial y que solo en Estados Unidos la cantidad de mercurio y compuestos de mercurio que se encuentra en los residuos eliminados en un año (2008) en los sitios de extracción de minerales metálicos superó las 2.200 toneladas métricas, vemos que el total mundial de mercurio y compuestos de mercurio de todos los residuos mineros vertidos en todas las operaciones de extracción de minerales metálicos, pasadas y presentes, debe ser extremadamente grande. Estos residuos están sujetos continuamente a acciones erosivas y a otros procesos naturales que ciertamente producen niveles altos pero no registrados de emisiones atmosféricas, descargas al agua y otros tipos de liberación de mercurio desde los vertederos de residuos mineros.

Un convenio mundial de control del mercurio deberá ocuparse de las emisiones atmosféricas de mercurio y otras liberaciones ambientales de las operaciones de extracción y refinación de metales no ferrosos y ferrosos.

³²² Los datos corresponden a los códigos NAICS 2122 y 331. NAICS es el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, Oficina del Censo de Estados Unidos. Se pueden consultar las definiciones de 200 códigos NAICS en <http://www.census.gov/eos/www/naics/>.

10. Residuos de mercurio y sitios contaminados con mercurio

Cada vez que se usa intencionalmente mercurio o un compuesto de mercurio en un producto o un proceso se crean residuos de mercurio. La quema de combustibles fósiles, muchas actividades mineras y el procesamiento a alta temperatura de menas y minerales que contienen mercurio también crean residuos de mercurio. En muchos lugares los residuos de mercurio son liberados directamente en los suelos locales, en las masas de agua locales y en las aguas subterráneas, lo que se traduce en sitios contaminados con mercurio.

10.1 Residuos de productos

Gran parte del contenido de mercurio de los productos que contienen mercurio es liberado en el medio ambiente al final de la vida útil de los productos. Cuando el producto es incinerado, el mercurio se libera en el gas de combustión del incinerador: Los dispositivos de control de la contaminación del aire capturan parte del mercurio, pero el resto es liberado en la atmósfera. Algunas veces, el mercurio capturado por los DCCA también es re-liberado posteriormente en el medio ambiente.

Cuando se envía un producto con mercurio a un vertedero o a un relleno sanitario especialmente preparado, gran parte de ese contenido de mercurio se escapará hacia el medio ambiente circundante. Una vía importante de escape del mercurio son los incendios de vertederos y los incendios de rellenos sanitarios. Sin embargo, aún sin incendios, parte del mercurio que llega a los vertederos y rellenos sanitarios se volatilizará y entrará en la atmósfera. Los compuestos hidrosolubles de mercurio pueden filtrarse y entrar en los sistemas hídricos. Tanto el mercurio elemental como los compuestos de mercurio pueden adherirse a los suelos y pueden migrar lejos del sitio a causa de inundaciones u otras condiciones.

Un informe titulado “Mercurio en ascenso: reduciendo las emisiones globales por la quema de productos con mercurio” (“Mercury Rising: Reducing Global Emissions from Burning Mercury-Added Products”),

producido por el Proyecto de política sobre el mercurio, de la Alianza Global por Alternativas a la Incineración (GAIA) y otras redes de ONG, calcula que en 2005 se liberaron en el medio ambiente entre 100 y 200 toneladas métricas de mercurio desde una combinación de fuentes: incineración de residuos médicos, incineración de productos con mercurio, incineración de sedimentos de aguas residuales municipales (con contribución de productos con mercurio), incendios en rellenos sanitarios y quema al aire libre de residuos que contienen productos con mercurio.³²³

El mercurio de los productos también se libera desde los vertederos y rellenos sanitarios, aunque no haya incendios. Se libera en el tránsito de estos productos hacia el relleno sanitario, en el sector de faenas (parte activa) del relleno sanitario, durante las operaciones de manejo de residuos en el relleno sanitario, y como contaminante del gas del relleno sanitario. El gas del relleno sanitario, compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono, es quemado, aprovechado como fuente de energía o enviado directamente a la atmósfera.³²⁴

Un estudio encontró mercurio a niveles 10 veces superiores a los niveles de fondo en 20 de un total de 200 contenedores usados para transportar residuos a un relleno sanitario. Los niveles de mercurio en estos contenedores llegaban a aproximadamente 500 nanogramos (ng) por metro cúbico. Otro estudio midió las concentraciones de mercurio a barlovento y a sotavento del sector de faenas de varios rellenos sanitarios y encontró concentraciones de mercurio a sotavento significativamente más altas que las concentraciones a barlovento —a menudo 30 a 40 veces más altas. Algunas mediciones alcanzaron los 100 ng de mercurio por metro cúbico a sotavento. Los investigadores midieron también el contenido del gas de los rellenos sanitarios y encontraron concentraciones que fluctuaban entre algunos cientos y varios miles de ng por metro cúbico.³²⁵

Un estudio realizado en un relleno sanitario en China midió el mercurio gaseoso total (MGT) del gas del relleno sanitario y midió asimismo las concentraciones de monometilmercurio y dimetilmercurio en el gas del relleno sanitario. Encontró concentraciones de MGT de aproximadamente

323 Ver definición (en inglés) de "Other On-site Land Disposal" en http://yosemite1.epa.gov/oiaa/explorers_fe.nsf/Doc1/Other+Disposal?OpenDocument.

324 Peter Maxson, "Mercury Rising: Reducing Global Emissions from Burning Mercury-Added Products," for the Mercury Policy Project, February 2009, http://www.zeromercury.org/International_developments/FINAL_MercuryRising_Feb2009.pdf.

325 "Summary of Research on Mercury Emissions from Municipal Landfills," NEWMOA factsheet, 2009, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/landfillfactsheet.cfm>.

665 ng por metro cúbico en el gas del relleno sanitario, además de concentraciones combinadas de monometilmercurio y dimetilmercurio de alrededor de 11 ng por metro cúbico. El informe indica también que el mercurio se libera directamente de los suelos del relleno sanitario, pero no se tomaron mediciones.³²⁶ Otro estudio chino encontró concentraciones de MGT en el gas de relleno sanitario que llegaban a los 1.400 ng por metro cúbico y calculó que la cantidad anual de mercurio del gas de relleno sanitario que escapaba del relleno sanitario bajo estudio llegaba a 3.300 g de mercurio al año.³²⁷ Ciertamente se necesita mayor trabajo para medir las emisiones y liberaciones de mercurio de los rellenos sanitarios especialmente preparados y también de los grandes vertederos de residuos.

Según el informe del PNUMA “Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury” de 2005, la cantidad estimada de mercurio usado en productos era la siguiente:³²⁸

Demanda de mercurio en 2005 para su uso en productos (en toneladas métricas)

Producto	Estimación baja	Estimación alta
Baterías	300	600
Uso dental	240	300
Instrumentos de medición y control	150	350
Alumbrado	100	150
Dispositivos eléctricos y electrónicos	150	350
Otros	30	60
Total	970	1.810

Desde 2005, el uso de mercurio en las baterías ha disminuido, mientras que el uso de mercurio en el alumbrado ha aumentado. Sin embargo, la cantidad de mercurio agregada cada año a nuevos productos probablemente se mantiene sobre las 1.000 toneladas métricas anuales.

³²⁶ Ibid.

³²⁷ Xinbin Feng et al., “Landfill Is an Important Atmospheric Mercury Emission Source,” *Chinese Science Bulletin*, 2004, <http://www.springerlink.com/content/t1k8j12r71k091r5/>.

³²⁸ Z.G. Li et al., “Emissions of Air-Borne Mercury from Five Municipal Solid Waste Landfills in Guiyang and Wuhan, China,” *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2010, <http://www.atmos-chem-phys.org/10/3353/2010/acp-10-3353-2010.pdf>.

Cada producto con mercurio tiene un tiempo limitado de vida útil, tras el cual es descartado como residuo, o, alternativamente, es recuperado parcial o totalmente para reutilización o reciclaje. Lamentablemente, cuando los residuos electrónicos son procesados para recuperación y reciclaje, a menudo se rompen y/o se calientan, lo que libera gases de mercurio en el lugar de trabajo y en la atmósfera. Parece ser, además, que solo una pequeña fracción de los residuos de productos con mercurio descartados es gestionada de una manera responsable que permite capturar el contenido de mercurio del producto y evitar su liberación posterior en el medio ambiente.

La solución a largo plazo del problema de los residuos de mercurio y de los sitios contaminados con mercurio es la prevención, la eliminación progresiva o la reducción al mínimo de los productos y procesos que contienen o usan mercurio, y la imposición de límites y controles estrictos de las fuentes de mercurio antropogénico no intencionales. En el intertanto, es necesario mejorar la gestión de los desechos que contienen mercurio. Debe exigirse por ley que las empresas que producen o venden productos con mercurio los retiren al final de su vida útil y garanticen que el material de descarte sea gestionado en forma responsable, para reducir al mínimo la liberación de mercurio en el medio ambiente. En especial, deben tomarse medidas para garantizar que los productos descartados que contienen mercurio no sean incinerados ni quemados al aire libre, no sean enviados a vertederos o rellenos sanitarios que puedan sufrir incendios, ni enviados para reprocesamiento de residuos electrónicos a lugares que no estén equipados para gestionar en forma apropiada el contenido de mercurio de los residuos.

10.2 Residuos del procesamiento del mercurio y de sus subproductos

La información relacionada con los residuos del procesamiento del mercurio y sus subproductos fue presentada más arriba, en este librito, en secciones dedicadas a la oferta de mercurio, la minería de oro en pequeña escala, las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio, el uso de catalizadores de mercurio en la producción de cloruro de vinilo, las carboeléctricas, la producción de cemento, la extracción y refinación de metales en escala industrial, y otras secciones.

Algunas operaciones industriales de extracción y refinación de oro y zinc recuperan mercurio elemental de grado comercial de los residuos de sus subproductos. También se recupera a veces mercurio elemental de grado comercial de los residuos de las plantas de cloro-álcali, de catalizadores gastados que se usaron en la fabricación de MCV, y en algunos casos, es recuperado incluso por mineros de oro en pequeña escala y por comerciantes de oro. Posteriormente, el mercurio elemental de grado comercial que ha sido recuperado se reutiliza en el proceso, reingresa al mercado o es sacado del mercado y guardado en instalaciones de almacenamiento a largo plazo.

Con mayor frecuencia, sin embargo, los procesos industriales y otros procesos que usan mercurio, al igual que aquellos que generan residuos de mercurio en forma no intencional, no recuperan el mercurio elemental de grado comercial y por lo general no se esfuerzan por evitar que sus residuos de mercurio entren en el medio ambiente.

10.3 El mercurio en los suelos y en el agua

Cuando la contaminación por mercurio ya está presente en los suelos o en el agua, todas las opciones disponibles para la limpieza y remediación son muy caras y no del todo satisfactorias. En algunos casos, los medios usados para limpiar los suelos y el agua contaminados, simplemente mueven el mercurio a otro medio. Por ejemplo, algunas tecnologías proponen la volatilización del mercurio desde el suelo o el agua hacia el aire. En 2007, la EPA dio a conocer un informe titulado “Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water” [Tecnologías para el tratamiento del mercurio en los suelos, en los residuos y en el agua], que describe algunas de las opciones disponibles.³²⁹

El informe usa el término suelo para incluir suelo (una mezcla de arena, cieno, arcilla y materia orgánica), escombros, fango, sedimentos y otros medios ambientales en fase sólida. Usa el término residuo para incluir residuos sólidos no peligrosos y peligrosos generados por la industria. Usa el término agua para incluir aguas subterráneas, agua potable, aguas residuales industriales no peligrosas y peligrosas, agua superficial, aguas de desagüe de las minas y lixiviado. El siguiente es un resumen de las tecnologías de tratamiento disponibles en Estados Unidos:

329 “Summary of Supply, Trade and Demand,” UNEP, citado más arriba.

Tecnologías para el tratamiento del suelo y de los residuos

Tecnología	Descripción
Solidificación/ estabilización	Une o encierra físicamente los contaminantes dentro de una masa estabilizada y reduce químicamente el riesgo potencial de un residuo, convirtiendo los contaminantes en formas menos solubles, móviles o tóxicas
Lavado de suelos/ extracción ácida	Usa el principio de que algunos contaminantes se adsorben preferentemente en el porcentaje de finos del suelo. El suelo se suspende en una solución de lavado y los finos son separados de la suspensión, reduciendo por lo tanto las concentraciones de contaminantes en el suelo restante. La extracción ácida utiliza un producto químico extractor, como el ácido hidrocloreídrico o el ácido sulfúrico.
Desorción térmica/retorting (o purificación en retorta)	Aplicación de calor y presión reducida para volatilizar el mercurio del medio contaminado, seguida por conversión de los vapores de mercurio en mercurio elemental líquido, por condensación. Los gases que se desprenden pueden requerir un nuevo tratamiento con dispositivos adicionales de control de la contaminación del aire, tales como unidades de carbón.
Vitrificación	Tratamiento a alta temperatura que reduce la movilidad de los metales al incorporarlos a una masa vítrea químicamente durable y resistente a las filtraciones. El proceso también puede causar que los contaminantes se volatilicen, reduciendo por lo tanto su concentración en el suelo y en los residuos.

El informe señala que el proceso de solidificación/estabilización (S/E) es la tecnología usada con mayor frecuencia en Estados Unidos para tratar los suelos y residuos contaminados con mercurio. S/E es una tecnología comercialmente disponible que se ha usado para lograr niveles reglamentarios de limpieza. Las otras tecnologías reseñadas en el informe para tratar los suelos y residuos contaminados con mercurio, distintas de las tecnologías S/E, se usan con menos frecuencia que las tecnologías S/E y habitualmente solo se usan para aplicaciones o tipos de suelos específicos.

Los autores del informe no entregan información sobre la estabilidad de largo plazo de los suelos y residuos con mercurio tratados con el proceso S/E, e indican que no tienen los datos necesarios para proporcionar esta información.

Ciertamente se necesita más información, no solo sobre la estabilidad de los residuos de mercurio tratados con tecnologías S/E sino también, de manera

más general, sobre el destino de largo plazo del contenido de mercurio de los residuos asociados a todas las tecnologías de tratamiento de residuos de mercurio. Queda la preocupación de que el mercurio, con el tiempo, escape en forma gaseosa desde estos residuos hacia la atmósfera. También queda la preocupación por las otras vías a través de las cuales el mercurio contenido en esos residuos puede liberarse en el ambiente.

Tecnologías para el tratamiento del agua

Tecnología	Descripción
Precipitación/ coprecipitación	Usa aditivos químicos para (a) transformar contaminantes disueltos en un sólido insoluble, o (b) formar sólidos insolubles sobre los cuales se adsorben los contaminantes disueltos. Los sólidos insolubles se extraen posteriormente de la fase líquida mediante clarificación o filtración.
Adsorción	Concentra solutos en la superficie de un sorbente, reduciendo de este modo su concentración en la fase líquida a granel. El medio de adsorción se coloca por lo general en una columna. Los contaminantes son adsorbidos a medida que el agua contaminada pasa a través de la columna.
Filtración por membrana	Separa los contaminantes del agua, haciendo pasar el agua a través de una barrera o membrana semi permeable. La membrana permite el paso de algunos componentes y bloquea otros.
Tratamiento biológico	Implica el uso de microorganismos que actúan directamente sobre las especies contaminantes o que crean condiciones ambientales que hacen que el contaminante se filtre del suelo o precipite/coprecipite del agua.

De las tecnologías para el tratamiento del agua descritas arriba, la precipitación/coprecipitación es el proceso más usado en Estados Unidos para tratar el agua contaminada con mercurio. Con frecuencia, cambiar las propiedades del agua, como la acidez (pH) o cambiar las propiedades químicas del mercurio (Hg_2+ to Hg_0) permite obtener una mayor tasa de remoción. La eficacia de esta tecnología tiene menos probabilidades de ser afectada por las características del medio y de los contaminantes, en comparación con las demás tecnologías mencionadas para el tratamiento del agua.

La adsorción suele usarse en los casos en que el mercurio es el único contaminante a tratar, en sistemas relativamente pequeños y como una tecnología de pulido de los efluentes de los sistemas más grandes. La filtración por membrana se usa con menos frecuencia, ya que tiende a producir un mayor volumen de residuos que otras tecnologías de tratamiento del mercurio. La biorremediación parece estar limitada a los estudios piloto.

10.4 Almacenamiento de mercurio elemental a largo plazo

En la sección de este libro titulada La oferta de mercurio, se observó que tanto la Unión Europea como Estados Unidos adoptaron leyes o reglamentos que prohibirán las exportaciones de mercurio elemental. En algunas circunstancias, esto requerirá la gestión y almacenamiento a largo plazo del mercurio, en otras será necesario eliminar el mercurio en una forma que sea segura para la salud humana y el medio ambiente. Los reglamentos de la Unión Europea clasifican como residuos todo el mercurio recuperado de las plantas de cloro-álcali con celdas de mercurio y también el mercurio recuperado de las operaciones de extracción y fundición de metales no ferrosos y de la limpieza del gas natural. Esto significa que el mercurio elemental de grado comercial derivado de estas fuentes en los países de la Unión Europea no puede ser vendido ni utilizado, y en vez de ello debe ser eliminado.

En Estados Unidos, la prohibición de exportar significará que todo el suministro de mercurio elemental de grado comercial que exceda la demanda tendrá que ser almacenado. En Estados Unidos, las actuales fuentes de suministro incluyen el mercurio recuperado de la conversión o del cierre de plantas de cloro-álcali, el mercurio recuperado como subproducto de la minería de oro y de la refinación de ciertos metales no ferrosos, el mercurio recuperado de los programas de recolección de productos usados, y otros tipos de mercurio reciclado.

De acuerdo a un informe de evaluación del PNUMA, en la región de América Latina y el Caribe, la creciente captura de subproductos de mercurio en las operaciones mineras y el creciente uso de alternativas para reemplazar el mercurio darán como resultado un exceso de mercurio. Los gobiernos de la región reconocen que este exceso de mercurio deben gestionarse y almacenarse de manera apropiada, para evitar que reingrese al mercado mundial. Estos gobiernos consideran prioritaria la búsqueda de soluciones ambientalmente adecuadas para el almacenamiento de mercurio.³³⁰

Aunque otras regiones, como Asia, no parecen tener actualmente un suministro de mercurio superior a la demanda, se anticipa que esto cambiará cuando se adopte un nuevo convenio mundial de control del

330 "Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water," U.S. EPA Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, citado más arriba.

mercurio y sus disposiciones entren en vigencia. Por lo tanto se anticipa que todas las regiones necesitarán contar con programas para sacar del mercado el exceso de suministro, a fin de evitar que un exceso de mercurio barato quede disponible para usos inadecuados, especialmente en sectores donde puede ser difícil hacer cumplir las restricciones legales sobre el mercurio, como por ejemplo, en la minería de oro en pequeña escala.³³¹

El método de almacenamiento de mercurio preferido por algunos países, como Estados Unidos, es el almacenamiento subterráneo vigilado. Por ejemplo, el ejército de Estados Unidos tiene una gran reserva de mercurio almacenada en frascos de 76 libras. Estos frascos, a su vez, están guardados en tambores herméticos de 30 galones. Hay seis frascos por tambor y cinco tambores por palet. Dentro de los tambores, los frascos de mercurio están sellados individualmente en bolsas de plástico, separados mediante divisores y colocados sobre un tapete absorbente que también sirve de material acolchado. Los tambores descansan sobre bandejas receptoras sobre palets de madera sobre pisos sellados. Los palets no se apilan a fin de facilitar las inspecciones y el monitoreo del aire.³³² Este es probablemente un enfoque adecuado para evitar que el mercurio escape de las bodegas, siempre y cuando exista una adecuada mantención y vigilancia; siempre y cuando la bodega no sufra el impacto de un desastre nacional como un terremoto, una inundación o el impacto de vientos huracanados; y siempre y cuando el lugar donde está ubicada la bodega no se convierta en zona de guerra. Otras opciones para el almacenamiento de mercurio en Estados Unidos consisten en almacenarlo en recipientes o ‘frascos’ de una tonelada métrica y en botellas de plástico.

En la Unión Europea, la reglamentación exige que el almacenamiento temporal o permanente del mercurio elemental se haga en minas de sal adaptadas para la eliminación del mercurio metálico, o en formaciones subterráneas de roca dura, a gran profundidad, si se determina que proporcionan un nivel de seguridad y de confinamiento equivalente al de las minas de sal. La reglamentación permite también el almacenamiento temporal de mercurio por más de un año en instalaciones de superficie destinadas al almacenamiento temporal de mercurio metálico y equipadas para ello.³³³

331 “Assessment Report: Excess Mercury Supply in Latin America and the Caribbean, 2010-2050,” UNEP Chemicals, July 2009, http://www.chem.unep.ch/mercury/storage/main_page.htm.

332 “Development of Options, Analysis and Pre-Feasibility Study for the Long Term Storage of Mercury in Asia and the Pacific,” UNEP, February 2010, http://www.chem.unep.ch/mercury/storage/main_page.htm.

333 “Background Paper for Stakeholder Panel to Address Options for Managing U.S. Non-Federal Supplies of Commodity-Grade Mercury,” U.S. EPA, March 2007, <http://www.epa.gov/mercury/stocks/backgroundpaper.pdf>.

Para el almacenamiento de mercurio en minas de sal, los reglamentos de la Unión Europea indican que la roca que rodea los residuos debe actuar como roca huésped en la cual se encapsulan los residuos. El sitio de almacenamiento debe estar ubicado entre estratos superpuestos y subyacentes de roca impermeable, para evitar la entrada de aguas subterráneas y el escape de líquidos y gases. Los ductos y perforaciones deben estar sellados durante el período de explotación y deben cerrarse herméticamente al término de la explotación. El área de eliminación debe sellarse con una presa impermeable al agua en los casos en que en la mina aún se estén realizando faenas de extracción de minerales. La estabilidad de la roca huésped debe estar garantizada por el período de explotación, y la integridad de la barrera geológica debe estar garantizada por tiempo ilimitado.³³⁴

Los reglamentos de la Unión Europea también permiten el almacenamiento de mercurio en formaciones de roca dura. Estas están definidas como áreas de almacenamiento subterráneo a varios cientos de metros de profundidad, hechas de roca dura, lo que incluye diversas rocas ígneas tales como granito o gneis y también rocas sedimentarias como roca caliza y arenisca. El almacenamiento temporal o permanente es permitido en estas instalaciones solo si se determina que la instalación ofrece un nivel de seguridad y confinamiento equivalente al de las minas de sal. También se aplican otras condiciones. La instalación de eliminación debe ser adaptada para la eliminación de mercurio metálico. Debe proporcionar protección contra la liberación de mercurio en las aguas subterráneas y debe proteger contra las emisiones de vapor de mercurio. El sitio debe ser impermeable a los gases y los líquidos. La construcción debe ser pasiva, sin necesidad de mantención. Debe posibilitar la recuperación de los residuos y la ejecución de medidas correctivas a futuro. Debe ser estable durante un período extenso, incluso durante miles de años. Y el sitio de almacenamiento debe estar ubicado por debajo del nivel freático para que no pueda haber ninguna descarga directa de contaminantes en las aguas subterráneas.³³⁵

Otros países y regiones están determinando cuáles son sus opciones para el almacenamiento a largo plazo de mercurio elemental.

De acuerdo a un informe resumen preliminar preparado por el PNUMA y presentado en abril de 2010 a una reunión regional de los países de América

334 "Requirements for Facilities and Acceptance Criteria for the Disposal of Metallic Mercury," European Commission, April 2010, http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro_study20100416.pdf.

335 Ibid.

Latina y el Caribe,³³⁶ entre los requisitos para una bodega de almacenamiento de superficie especialmente construida, están los siguientes:

- La ubicación no debe ser susceptible a terremotos, huracanes e inundaciones.
- Debe considerarse más de un área.
- Son preferibles los lugares secos.
- El sitio debe estar distante de toda cuenca de agua o área poblada.
- Los contenedores de mercurio deben estar protegidos de las aguas subterráneas.
- Es necesario prevenir las emisiones de vapor mediante un correcto envasado, manejo, transporte interno y control de temperatura.
- El sitio debe estar protegido contra la contaminación de aguas subterráneas y aguas superficiales.
- El sitio debe estar cerca de caminos o infraestructuras de transporte.
- Es necesario implementar programas para prevenir riesgos y accidentes.
- El almacenamiento debe ser reversible.
- Es necesario implementar sistemas para monitorear el aire, la contención, la sangre y la orina de los trabajadores, etcétera.
- La instalación debe contar con controles de emisión.
- La instalación debe tener un sistema de control permanente de los vapores de mercurio, con una sensibilidad que garantice que no se excederá el valor límite indicativo de 0,02 mg de mercurio/m³
- La instalación debe contar con un programa de prevención y control de derrames.
- Es necesario establecer normas de envasado.
- Los edificios deben tener pisos sellados, resistentes al mercurio, y deben tener un declive hacia un sumidero de recolección.
- Las instalaciones deben contar con adecuadas medidas de seguridad.
- El mercurio no debe ser almacenado junto a otros residuos.
- Es necesario hacer revisiones de mantenimiento anuales y una calibración anual de los sistemas de monitoreo.
- Las instalaciones deben estar sometidas a auditorías independientes regulares.

Los expertos de la Unión Europea hicieron notar además que en el caso de almacenamiento en superficie, el mercurio aún continúa en la biosfera. Observaron también que la seguridad de esta opción depende de la estabilidad política y que el almacenamiento en superficie no debe ser una solución permanente.

336 Ibid.

El informe preliminar analiza también la eliminación bajo tierra. La consideración principal en lo que respecta a la eliminación bajo tierra es mantener los residuos aislados de la biosfera, en formaciones geológicas donde se espera que permanezcan estables durante un tiempo muy largo. Esto puede lograrse en mejor forma a gran profundidad bajo la tierra. El mercurio se coloca en contenedores antes de ser guardado en la mina. Su contención y aislamiento se logran mediante los contenedores, mediante las barreras adicionales que se construyen y mediante la barrera natural formada por la roca huésped. El informe preliminar indica que los tipos más comunes de roca o de suelo utilizados para la eliminación subterránea son la arcilla y la sal, al igual que las rocas duras magmáticas, metamórficas o volcánicas, tales como granito, gneis, basalto o toba. La profundidad depende del tipo de formación usada y de la capacidad de aislamiento de las formaciones superpuestas.

El informe identifica algunos requisitos (no todos mutuamente compatibles) para el almacenamiento subterráneo de residuos en antiguos sitios mineros:

- Debe ser un sector excavado y sin uso de una mina, que esté apartado de los sectores donde se realizan actividades mineras y que pueda quedar totalmente aislado de las áreas activas de explotación de la mina.
- Las cavidades tendrán que permanecer abiertas, de modo que el operador de la mina no puede tener la obligación de rellenarlas.
- Las cavidades minadas deben ser estables y accesibles, incluso tras un tiempo prolongado.
- La mina debe permanecer seca y libre de agua.
- Las cavidades en las cuales se almacenan los residuos deben estar aisladas de los acuíferos.
- Para mejorar la seguridad y simplificar el manejo del mercurio, el mercurio debe estar estabilizado, esto es, debe ser tratado químicamente para transformar el mercurio elemental en sulfuro de mercurio.
- La pureza del mercurio debe ser superior al 99,9 por ciento, porque las impurezas aumentan la solubilidad en agua.
- No debe haber ningún agente oxidante en la cercanía del mercurio.
- Debido a que el mercurio tiene una alta presión de vapor, la instalación requiere de buenos sistemas de manejo y de ventilación.
- Los criterios para la aceptación de residuos dependerán del marco legal local.³³⁷

337 "Draft Annotated Outline: Developments of Options Analysis and Feasibility Study for the Long Term Storage of Mercury in Latin America and the Caribbean," UNEP, 2010, http://www.chem.unep.ch/Mercury/storage/LAC_Docs/First%20%20Draft%20report%20feasibility%20study%20Hg%20storage%20LAC%20project%2005-04-10%20parcial.doc

Durante un encuentro regional en Asia se revisaron también las opciones para el almacenamiento de mercurio a largo plazo. Un informe preparado para la reunión por varias instituciones y organismos asiáticos consideró tres opciones: bodegas de almacenamiento de superficie especialmente contruidas; formaciones geológicas subterráneas, como minas de sal y formaciones rocosas especiales; y exportación a instalaciones en el extranjero. Los autores del informe concluyeron que los requisitos más importantes para la gestión de largo plazo del mercurio son condiciones atmosféricas secas; estabilidad política, financiera y económica; seguridad; infraestructura apropiada; y seguridad ambiental.³³⁸

Los autores recomiendan que la creación de instalaciones de almacenamiento de mercurio vaya de la mano con los esfuerzos para crear instalaciones para el procesamiento de los residuos ricos en mercurio. Observaron que esto será costoso y que será necesario contar con mecanismos especiales que se ocupen de los costos financieros y de los aspectos legales.

Los autores del informe asiático sugieren que los países que tienen desiertos y una situación política estable deberían considerar la posibilidad de albergar una instalación de almacenamiento de superficie. Recomiendan, sin embargo, que los países de Asia no consideren el uso de formaciones geológicas subterráneas para almacenar mercurio, debido a su alto costo y a la falta de sitios apropiados. Los autores recomiendan que los países sin desiertos y aquellos con posibles condiciones de inestabilidad exporten el mercurio y los residuos ricos en mercurio a países donde se pueda llegar a acuerdos para crear instalaciones seguras de almacenamiento de mercurio a largo plazo.³³⁹

Mientras prosiguen las negociaciones para establecer un convenio mundial sobre el mercurio, continuarán también las discusiones sobre cómo crear instalaciones de almacenamiento a largo plazo y/o instalaciones permanentes para la eliminación del exceso de mercurio, en el entendimiento de que cuando el nuevo convenio y sus disposiciones entren en vigencia, habrá una necesidad creciente de contar con estas instalaciones en todas las regiones.

338 Ibid.

339 "Development of Options, Analysis and Pre-Feasibility Study for the Long Term Storage of Mercury in Asia and the Pacific," UNEP, citado más arriba.

11. Hacia un convenio mundial para controlar el mercurio

En febrero de 2009, el Consejo de Administración (CA) del PNUMA se reunió en Nairobi, Kenia, con los representantes de 150 gobiernos y acordó establecer un comité intergubernamental para negociar los términos de un convenio mundial jurídicamente vinculante para controlar el mercurio. El CA acordó además que las negociaciones intergubernamentales sobre el texto del convenio deberían comenzar en 2010, con la meta de completar las negociaciones y adoptar el convenio en una Conferencia Diplomática que se realizaría en 2013.³⁴⁰

El debate intergubernamental sobre la necesidad de adoptar medidas a nivel internacional para controlar la contaminación por mercurio ya había comenzado mucho antes. En 2000 se discutió este tema en la Segunda reunión ministerial del Consejo del Ártico, realizada en Barrow, Alaska. El Consejo del Ártico es un foro intergubernamental cuyos miembros son los gobiernos de los ocho países que bordean el Ártico. En la reunión de Barrow, los representantes de los gobiernos acordaron que los ocho Estados árticos tendrán una estrecha coordinación en materias ambientales de importancia para el Ártico. Hicieron notar que la liberación de mercurio tiene efectos nocivos para la salud humana y puede dañar ecosistemas de importancia ambiental y económica, incluso en el Ártico. Para abordar estos problemas, el Consejo del Ártico llamó al PNUMA a iniciar una evaluación mundial del mercurio que pueda servir de base para las medidas a nivel internacional, y señaló que los Estados árticos participarían activamente en la evaluación.³⁴¹

11.1 Informe de la evaluación mundial sobre el mercurio

En respuesta a esta petición del Consejo del Ártico, el PNUMA preparó el informe “Evaluación Global sobre el Mercurio”, publicado en diciembre de 2002.³⁴² Entre los hallazgos fundamentales del informe están los siguientes:

³⁴⁰ Ibid.

³⁴¹ United Nations Environment Programme, Report of the Governing Council, Twenty-Fifth Session, Decision 25/5 Chemicals management, including mercury, <http://www.unep.org/gc/gc25/>.

³⁴² “Barrow Declaration on the Occasion of the Second Ministerial Meeting of the Arctic Council,” <http://arctic-council.npol.ar.no/Meet->

- **El mercurio tiene una presencia generalizada en el medio ambiente.**
Los niveles de mercurio en el medio ambiente han aumentado de manera considerable desde el inicio de la era industrial, y actualmente el mercurio está presente en diversos medios ambientales y alimentos (especialmente el pescado) de todas partes del mundo, a niveles que afectan negativamente a los seres humanos y a la flora y la fauna.
- **El mercurio es persistente y sus ciclos tienen alcance mundial.**
El mercurio persiste en el medioambiente, donde circula entre el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la biota en diversas formas. Las emisiones actuales se incorporan al mercurio acumulado a nivel mundial, que continuamente se moviliza, se deposita en la tierra y en el agua, y se removiliza. En el medio ambiente, el mercurio puede transformarse en metilmercurio, que tiene la capacidad de acumularse en los organismos (bioacumulación) y de concentrarse a medida que avanza en la cadena alimentaria (biomagnificación). Casi todo el mercurio que se encuentra en los peces es metilmercurio.
- **La exposición al mercurio tiene efectos graves.** El mercurio tiene diversos impactos negativos importantes en la salud humana y en el medio ambiente en todo el mundo. La exposición humana al mercurio puede provenir del consumo de pescado, de los usos ocupacionales y domésticos del mercurio, de las amalgamas dentales y de las vacunas que contienen mercurio. Algunas poblaciones son especialmente susceptibles a la exposición al mercurio, sobre todo el feto, los recién nacidos y los niños pequeños. También se encuentran en riesgo las poblaciones indígenas y otras poblaciones que consumen altas cantidades de pescado o de mamíferos marinos contaminados, al igual que los trabajadores expuestos al mercurio. En muchos lugares del mundo el pescado es parte importante de la dieta de las personas, proporcionándoles nutrientes que a menudo no están disponibles en fuentes alternativas de alimentos. La contaminación por mercurio constituye una seria amenaza para esta fuente de alimentos. Algunos ecosistemas y poblaciones de fauna silvestre también son vulnerables, incluyendo las aves y los mamíferos que se alimentan de peces, los ecosistemas árticos, los humedales, los ecosistemas tropicales y las comunidades microbianas del suelo.

- **Las intervenciones para controlar la contaminación por mercurio pueden ser exitosas.** La contaminación por mercurio puede enfrentarse a través de diversas acciones que impulsen la reducción, a nivel nacional, regional y mundial, del uso de mercurio, de la liberación del mercurio, y de la exposición al mercurio.
- **Se necesitan medidas de alcance mundial porque las medidas locales y regionales, por sí solas, no son suficientes.** Debido al transporte a larga distancia, incluso los países con liberaciones mínimas de mercurio pueden verse seriamente afectados. Se han detectado altos niveles de mercurio en el Ártico, lejos de cualquier fuente de contaminación significativa. Los peces que habitan aguas internacionales migran habitualmente a remotos lugares, y los peces con valor comercial, una vez cosechados, son exportados por lo general a países muy distantes de su lugar de origen. Todo esto hace que la contaminación por mercurio sea un asunto verdaderamente global, que afecta a la industria pesquera y a los consumidores de pescado de todo el mundo.
- **El mercurio puede ser un problema especialmente importante en las regiones menos desarrolladas.** En respuesta a la creciente conciencia de los daños causados por el mercurio, muchos países industrializados han reducido de manera importante el uso de mercurio, y se están comercializando alternativas competitivas para la mayoría de los usos. Esto ha hecho disminuir la demanda de mercurio en relación a la oferta, lo que ha mantenido bajo el precio del mercurio. Por otro lado, ha servido de aliciente para mantener, e incluso aumentar, el uso del mercurio y de tecnologías obsoletas a base de mercurio en regiones menos desarrolladas. No es sorprendente, entonces, que estos países estén siendo afectados por un aumento desproporcionado de algunos de los riesgos para la salud y el medio ambiente asociados al mercurio.³⁴³

En su capítulo final, el informe del PNUMA “Evaluación Mundial sobre el Mercurio” revisa las opciones para hacer frente a los impactos adversos de la contaminación por mercurio a nivel mundial. Entre estas se encuentra la apertura de negociaciones a favor de un convenio de control del mercurio jurídicamente vinculante.³⁴⁴

343 “Global Mercury Assessment Report,” UNEP, <http://www.chem.unep.ch/mercury/Report/Final%20Assessment%20report.htm>.

344 Ibid., Summary of Key Findings.

11.2 La decisión de negociar un convenio de control del mercurio.

Entre 2003 y 2009 se debatieron los temas relativos a las medidas de alcance internacional sobre el mercurio en todas las reuniones bienales del Consejo de Administración del PNUMA. Fue creciendo el respaldo a la iniciativa de establecer un convenio mundial de control del mercurio, y en 2009, los gobiernos que estaban presentes en el CA del PNUMA adoptaron la decisión 25/5, en la que acuerdan iniciar las negociaciones sobre un convenio mundial, jurídicamente vinculante, de control del mercurio.³⁴⁵

La decisión 25/5 reconoce que el mercurio es una sustancia química de preocupación mundial debido a su transporte atmosférico a larga distancia, su persistencia en el medio ambiente, su capacidad de bioacumularse en los ecosistemas y sus importantes efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente. En la decisión, los gobiernos acordaron que el convenio podría incluir enfoques tanto vinculantes como voluntarios, al igual que actividades provisionarias para reducir los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Estuvieron de acuerdo también en que algunas obligaciones que impone el convenio requerirán del desarrollo de capacidades y de la asistencia técnica y financiera para los países en desarrollo y países con economías en transición. La decisión especificó que el convenio debería incluir disposiciones que se traduzcan en lo siguiente:

- a) Identificar los objetivos del convenio
- b) Reducir la oferta de mercurio y mejorar la capacidad para el almacenamiento ambientalmente adecuado del mercurio
- c) Reducir la demanda de mercurio en los productos y procesos
- d) Reducir el comercio internacional del mercurio
- e) Reducir las emisiones atmosféricas de mercurio
- f) Ocuparse del problema de los residuos que contienen mercurio y de la remediación de los sitios contaminados
- g) Aumentar el conocimiento del problema mediante actividades de sensibilización y a través del intercambio de información científica
- h) Definir las medidas destinadas al desarrollo de capacidades y a la entrega de ayuda técnica y financiera
- i) Abordar las cuestiones relativas al cumplimiento de las disposiciones³⁴⁶

345 Ibid., chapter 11.

346 Proceedings of the Governing Council/Global Ministerial Environment Forum at Its Twenty-Fifth Session, <http://www.unep.org/gc/>

En la decisión 25/5, los gobiernos también acordaron que la participación en el Comité Intergubernamental de Negociación debería estar abierta no solo a los gobiernos y a las organizaciones de integración económica regional, sino también a las organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales relevantes, en concordancia con las reglas de las Naciones Unidas.

Finalmente, en la decisión 25/5, los gobiernos acordaron que las medidas internacionales sobre el mercurio no podían esperar hasta el término del proceso de negociación del convenio, sino que debían continuar en las siguientes áreas:

- a) Mejorar la capacidad de almacenamiento del mercurio
- b) Reducir la oferta de mercurio de, por ejemplo, la minería primaria de mercurio
- c) Ejecutar acciones de sensibilización y proyectos piloto en países clave para reducir el uso de mercurio en la minería de oro artesanal y en pequeña escala
- d) Reducir el uso de mercurio en productos y procesos y crear conciencia sobre las alternativas libres de mercurio
- e) Difundir información sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales y sobre la conversión de procesos que utilizan mercurio a procesos que no lo utilizan
- f) Fortalecer el desarrollo de inventarios nacionales de mercurio
- g) Crear conciencia pública y apoyar la difusión de los riesgos asociados al mercurio
- h) Difundir información sobre la gestión adecuada del mercurio

12. Negociación de un convenio mundial eficaz de control del mercurio

Debería ser posible lograr un acuerdo internacional sobre un convenio mundial amplio, firme y eficaz de control del mercurio a tiempo para tener un texto final acordado hacia 2013, como se estipula en la decisión del Consejo Administrativo del PNUMA. Para que esto suceda, sin embargo, las ONG y otras organizaciones de la sociedad civil deben desempeñar un papel decisivo.

Mientras los gobiernos negocian un convenio mundial de control del mercurio, será importante que las organizaciones de la sociedad civil y otros grupos tengan en mente que los principales beneficiarios de un convenio mundial eficaz sobre el mercurio serán los miles de millones de personas del mundo para quienes el pescado y los mariscos son el componente esencial de su dieta –especialmente los habitantes de los países en desarrollo y países con economías en transición, los habitantes de los pequeños estados insulares y los pueblos indígenas. Para muchas de estas personas, evitar la exposición nociva al mercurio restringiendo el consumo de pescado a unos pocos platos de pescado a la semana o al mes, no es una opción viable. En estas poblaciones los niños sufren los daños de la exposición al mercurio desde que nacen y se ven afectados por déficits neurológicos permanentes que disminuyen la calidad de sus vidas. La gente que depende del pescado en su dieta necesita los esfuerzos concertados a nivel mundial que harán posible una reducción importante de su consumo de metilmercurio. Los gobiernos de los países menos desarrollados, de los pequeños estados insulares en desarrollo, y otros gobiernos que representan a grandes poblaciones que dependen del pescado, deberían ser vistos como posibles aliados clave en las negociaciones sobre el convenio. Su apoyo y su compromiso activo serán necesarios si se quiere lograr un convenio mundial firme y eficaz de control del mercurio.

Al mismo tiempo, es importante tener presente que algunas de las fuentes más grandes de contaminación mundial por mercurio serán difíciles de controlar. Varios países tienen planes para aumentar en forma considerable la generación de electricidad, como un componente importante de sus estrategias de desarrollo y sus programas de reducción de la pobreza. A pesar de que las carboeléctricas son la mayor fuente de contaminación por mercurio y de emisiones de gases de invernadero, ya existen planes en ejecución que hacen prever que, al menos en el corto plazo, se seguirán construyendo muchas carboeléctricas en varios países. También parece estar creciendo el número de minas de oro artesanales y en pequeña escala, y en este sector, las medidas que puedan lograr reducciones importantes de las liberaciones de mercurio van a ser difíciles y caras de implementar. Esto sugiere que, a pesar del acuerdo de los gobiernos de negociar un convenio mundial de control del mercurio, la contaminación atmosférica mundial por mercurio puede aumentar.

Cabe esperar que varios gobiernos opongan una fuerte resistencia a las medidas del convenio que pueden lograr reducciones reales y sustanciales de las emisiones de mercurio de las carboeléctricas y de otras fuentes no intencionales. Cabe esperar también que varios gobiernos opongan una fuerte resistencia a las medidas del convenio que garanticen que se movilizarán suficientes recursos financieros y técnicos para hacer posible que los países en desarrollo y los países con economías en transición implementen de manera eficaz las medidas necesarias para el control del mercurio sin debilitar los planes y metas nacionales de reducción de la pobreza. Sin embargo, las negociaciones del convenio sobre el mercurio no serán consideradas exitosas si el convenio incluye únicamente acuerdos voluntarios para controlar las mayores fuentes de mercurio. Para ser visto como un éxito, el convenio tendrá que incluir medidas jurídicamente vinculantes para el control de las centrales termoeléctricas y de otras fuentes muy importantes, y también acuerdos para movilizar recursos técnicos y financieros suficientes para posibilitar la implementación efectiva del convenio en el mundo en desarrollo. El convenio necesitará incluir también medidas que controlen la oferta, la demanda y el comercio de mercurio; que eliminen gradualmente la producción, venta, importación y exportación de productos con mercurio; y que den respuesta al problema de los desechos de mercurio y de los sitios contaminados.

Aunque será importante no transigir en materias como la necesidad de medidas jurídicamente vinculantes para controlar las grandes fuentes mundiales de mercurio, como las centrales termoeléctricas, la minería de oro en pequeña escala y otras, es posible que haya lugar para negociar en torno al calendario para la introducción gradual de las medidas jurídicamente vinculantes y en torno a la vinculación entre la obligación de los países en desarrollo de implementar las medidas vinculantes y la disponibilidad de una adecuada asistencia técnica y financiera. Además, aunque es importante que el convenio incluya disposiciones que impongan el uso de las mejores técnicas disponibles (MTD) en las plantas termoeléctricas y en algunas otras fuentes de emisión de mercurio, puede no ser necesario que todos los detalles importantes de las disposiciones del convenio respecto a las MTD queden incorporados por escrito en el texto del convenio. En lugar de eso, puede ser suficiente incluir en el texto del convenio referencias generales acerca de las disposiciones y requisitos sobre las MTD que contempla el convenio, junto con una disposición que establezca la formación de un grupo de expertos que desarrollará directrices detalladas sobre las MTD y un calendario para su implementación. El grupo de expertos se constituiría como un organismo complementario de la Conferencia de las Partes (CP/COP) del nuevo convenio. La composición de su membresía sería acordada por la CP, sus productos de trabajo tomarían la forma de recomendaciones a la CP, y sus recomendaciones solo entrarían en vigencia después de ser aprobadas por la CP.

Serán necesarias hábiles negociaciones y un fuerte respaldo de la sociedad civil para obtener la aprobación de un convenio firme y amplio de control del mercurio dentro del límite de tiempo disponible. Pero hay buenas razones para pensar con optimismo que esto se logrará.

13. Los puntos de vista de IPEN acerca de un convenio mundial sobre el mercurio.

La Red Internacional de Eliminación de los COP, a través de su Grupo de Trabajo sobre metales pesados, su Comité Directivo y su Asamblea General, adoptó una declaración de política, “Los puntos de vista de IPEN acerca de un convenio mundial sobre el mercurio”, que define su posición.³⁴⁷

IPEN ha convenido en que para proteger la salud humana y los ecosistemas, el convenio debe:

- Tener como objetivo proteger la salud humana, la flora y la fauna y el medio ambiente de los efectos del mercurio, eliminando —cuando sea posible— las fuentes y liberaciones antropogénicas de mercurio
- Reconocer las poblaciones especialmente vulnerables, como los niños, las mujeres en edad reproductiva, los pueblos indígenas, las comunidades del Ártico, los habitantes de islas y zonas costeras, las comunidades de pescadores, los pequeños mineros de oro, los pobres, los trabajadores y otros
- Tener un amplio alcance y ocuparse del ciclo de vida completo del mercurio
- Proponerse controlar todas las fuentes antropogénicas de mercurio y todas las actividades humanas que liberan cantidades significativas de mercurio en el medio ambiente
- Establecer un mecanismo financiero previsible y adecuadamente provisto de fondos, con suficientes recursos nuevos y adicionales para permitir que los países en desarrollo y los países con economías en transición cumplan las obligaciones que impone el convenio sin poner en riesgo sus metas en materia de reducción de la pobreza
- Utilizar medidas de control basadas en la eliminación, que estén sujetas a exenciones limitadas, con plazos convenidos, para la eliminación progresiva de todos los productos y procesos que contengan o que

³⁴⁷ Ibid.

utilicen mercurio, y en el intertanto, establecer normas y controles para los productos y procesos restantes

- Reducir al mínimo la demanda comercial mundial de mercurio
- Reducir la oferta mundial de mercurio, prohibiendo la minería primaria de mercurio, ordenando el almacenamiento vigilado, seguro y permanente de los depósitos existentes de mercurio y de todo el mercurio que se recupera de las plantas de cloro-álcali, y restringiendo el comercio de mercurio generado por las fuentes restantes
- Establecer controles eficaces sobre el comercio internacional de mercurio y de productos que contengan mercurio;
- Exigir soluciones ambientalmente racionales para la gestión de los residuos que contienen mercurio y compuestos de mercurio, incluyendo medidas que eviten que el mercurio ingrese a las corrientes de residuos municipales, médicos e industriales
- Encargarse de la remediación y la recuperación de los sitios contaminados con mercurio
- Acelerar la eliminación progresiva del uso de mercurio en el sector de atención de la salud
- Promover alternativas al uso de amalgamas dentales de mercurio, con el objetivo de eliminar eventualmente esta práctica
- Prohibir los plaguicidas que contengan mercurio
- Establecer las mejores técnicas disponibles (MTD) para las carboeléctricas, los hornos de cemento y otros procesos de combustión que liberan mercurio en el medio ambiente, con un calendario para llevar a cabo su eliminación gradual; proponerse como objetivo eliminar gradualmente estas fuentes cuando se cuente con buenas alternativas, factibles y a precios asequibles
- Promover el uso de fuentes de energía alternativas y renovables, como sustitutos de las centrales termoeléctricas de carbón que liberan mercurio en el medio ambiente
- Establecer medidas eficaces para reducir y eliminar, cuando sea factible, el uso de mercurio en la minería de oro
- Reducir al mínimo el uso de mercurio en los laboratorios, escuelas y otras instituciones; prohibir los usos inadecuados e incorporar en los currículos

escolares información sobre la toxicidad del mercurio y sobre las técnicas adecuadas para manipularlo

- Prohibir los nuevos usos del mercurio
- Promover la investigación y el desarrollo de alternativas sostenibles, no tóxicas, a los productos y procesos que contienen o que usan mercurio, poniendo el énfasis en las necesidades de los países en desarrollo y los países con economías en transición
- Garantizar que los países en desarrollo y los países con economías en transición no se transformen en basureros de residuos y de excedentes de mercurio
- Establecer mecanismos para el desarrollo de capacidades y la transferencia de tecnologías
- Exigir que cada una de las Partes establezca y ponga en práctica un Plan Nacional o Regional de Implementación y que estos planes incluyan inventarios de existencias, fuentes y residuos de mercurio, y de sitios contaminados con mercurio
- Garantizar que la sociedad civil tenga un rol activo en el desarrollo e implementación del convenio, incluyendo la oportunidad de participar en el desarrollo e implementación de los Planes Nacionales de Implementación
- Establecer mecanismos para mejorar, proporcionar e intercambiar conocimientos e información sobre:
 - o Emisiones, existencias y uso de mercurio
 - o Exposición humana y ambiental al mercurio
 - o Datos de vigilancia ambiental
 - o Impactos socioeconómicos del uso, las emisiones y los controles del mercurio
 - o Alternativas para el uso de mercurio en productos, procesos y otras fuentes
- Garantizar que toda la información científica sobre el mercurio sea actualizada de manera regular y puesta a disposición del público, en forma fácilmente accesible y oportuna, en los formatos e idiomas adecuados

- Establecer un mecanismo de presentación de informes que exija que las Partes actualicen periódicamente sus inventarios nacionales de mercurio e informen sobre sus progresos en la implementación de sus Planes Nacionales de Implementación y en el cumplimiento de las obligaciones del convenio
- Establecer mecanismos para evaluar la efectividad del convenio, incluyendo la vigilancia del mercurio en el medioambiente y en los seres humanos a nivel mundial
- Establecer y mantener una red de vigilancia del pescado a nivel mundial para evaluar los progresos en la reducción de la cantidad de mercurio que circula en el medio ambiente mundial y para reunir la información necesaria para permitir que las instituciones gubernamentales de salud lleven a cabo estrategias eficaces de comunicación y divulgación sobre riesgos dirigidas a las poblaciones que consumen pescado
- Establecer disposiciones eficaces y aplicables para el cumplimiento del convenio

Además de las disposiciones que más arriba se proponen para el convenio, la red de IPEN ha convenido en las siguientes consideraciones:

- La reducción y eliminación de las fuentes de mercurio debe ser rápida, ordenada y justa. Las existencias pueden ser eliminadas gradualmente durante un período, pero no debe haber demoras innecesarias.
- Las acciones internacionales importantes destinadas a reducir las fuentes y las existencias de mercurio no deben posponerse hasta después de la adopción y puesta en vigencia de un convenio mundial sobre el mercurio. Por el contrario, deben iniciarse de inmediato los programas internacionales, adecuadamente financiados, para el control del mercurio. Debe contarse además con recursos para una extensa vigilancia ambiental en todas las regiones, con el fin de establecer una línea de base y para ampliar la disponibilidad de información relevante a nivel regional.
- Debido a que el mercurio es un problema global que causa impactos en todas las regiones del mundo, todos los países tienen roles importantes que desempeñar, tanto en la negociación como en la implementación de un convenio mundial sobre el mercurio.
- El convenio sobre el mercurio y su implementación deben ser complementarios de otros instrumentos internacionales relevantes,

incluyendo el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, el Convenio de Basilea sobre movimientos transfronterizos de residuos peligrosos, el Convenio de Rotterdam sobre Consentimiento Fundamentado Previo, el Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM) y otros. Es necesario desarrollar sinergias adecuadas con estos instrumentos.

- El convenio sobre el mercurio debe incluir disposiciones que permitan su ampliación en una fecha futura, a fin de controlar además otros metales tóxicos, como el plomo y el cadmio, u otros contaminantes que causan una preocupación similar a nivel mundial, sin que ello ponga en riesgo la solidez del convenio sobre el mercurio.
- Todos los países deben contribuir a la implementación del convenio en la medida en que les sea posible.
- Los países desarrollados deben comprometerse a proporcionar suficientes recursos financieros, nuevos y adicionales, y asistencia técnica para permitir que los países en desarrollo y los países con economías en transición cumplan las obligaciones del convenio. El convenio debe incluir disposiciones para que la Conferencia de las Partes revise lo siguiente: si los niveles de financiamiento son suficientes, si los receptores están usando los fondos en forma eficaz, y si las acciones emprendidas cumplen a cabalidad las disposiciones del convenio.
- El proceso de negociación del convenio debe ser abierto y transparente. Deben adoptarse medidas que permitan una participación significativa de las ONG y otros grupos de interés público afines al tema.
- La transición correspondiente a la eliminación gradual del mercurio debe ajustarse a un régimen planificado y metódico, diseñado para reducir al mínimo los costos económicos y sociales y para evitar alteraciones y trastornos. En algunos casos puede ser necesario contar con asistencia para la transición y/u otra ayuda para los grupos específicos de trabajadores o para las comunidades cuya subsistencia depende actualmente de actividades que liberan mercurio en el medio ambiente.
- Cada vez que sea posible, la responsabilidad de la eliminación progresiva y de las medidas de limpieza del mercurio debe ser consistente con el principio de que el que contamina paga, según el cual los costos se comparten entre las partes responsables, con especial atención al sector privado.

- Las acciones que se tomen en relación al mercurio deben ser consistentes con el principio de precaución. Deben apoyarse en un enfoque basado en el peso de la evidencia, otorgando especial consideración al riesgo para el feto, para los niños y para otras poblaciones vulnerables.
- El convenio debe incorporar otros Principios de Río que sean pertinentes, entre ellos, el derecho al desarrollo (3), la protección del medio ambiente en el proceso de desarrollo (4); la erradicación de la pobreza (5), prioridad para los menos desarrollados (6), fortalecimiento de capacidades para el desarrollo sostenible (9), participación pública (10), compensación para las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales (13), cooperación de los Estados para evitar el dumping ambiental (14), internacionalización de los costos ambientales (16), las mujeres tienen un rol vital (20), los pueblos indígenas tienen un rol vital (22), y otros.
- El seguimiento y la supervisión de la implementación y del financiamiento del convenio deben ser ejecutados por instituciones independientes, con la obligación de rendir cuentas públicas.
- Deben establecerse centros regionales especializados y una red de establecimientos especializados que proporcionen asistencia para la recolección y manejo de los residuos que contienen mercurio. Debe prohibirse eliminar estos residuos en rellenos sanitarios y en vertederos de residuos sólidos. Debe establecerse un sistema uniforme para llevar registros y elaborar informes sobre la recolección, transporte y procesamiento de estos residuos.
- Debe establecerse un mecanismo de facilitación del intercambio de información sobre el mercurio. Este debe proporcionar acceso directo a la información relevante sobre el mercurio, incluyendo experiencias prácticas, información científica y técnica y cualquier otra información que pueda contribuir a facilitar una efectiva cooperación científica, técnica y financiera, y el desarrollo de capacidades. Los grupos de la sociedad civil deben ser considerados socios y una importante fuente de información para el centro de intercambio.
- El convenio debe prestar atención especial a las necesidades de los pequeños mineros y mineros artesanales de oro. Debe facilitarles el acceso a tecnologías eficaces y apropiadas que reduzcan al mínimo o, cuando sea factible, eviten el uso de mercurio. Cuando esto no sea práctico,

el convenio debe fomentar la creación de programas para ayudarlos a encontrar formas alternativas de ganarse la vida.

- El convenio debe incluir disposiciones para facilitar y promover la participación efectiva de grupos de interés público y de organizaciones del ámbito de la salud y del medio ambiente en la implementación del convenio.
- El convenio debe contener disposiciones para proporcionar información, sensibilización y educación a nivel público, especialmente para las mujeres, los niños, los trabajadores, los pequeños mineros y mineros artesanales de oro, los pobres, los grupos marginales y los menos educados. También debe proporcionárselas a los pueblos indígenas, comunidades del Ártico, habitantes de islas y de zonas costeras, comunidades de pescadores y otros grupos que dependen del pescado u otros alimentos contaminados con mercurio para su nutrición.
- Debe haber apoyo para nuevas investigaciones, según sea necesario, a fin de ampliar el conocimiento relacionado con las fuentes de mercurio y con los mecanismos de transporte que llevan el mercurio hasta lugares remotos. El público debe tener acceso oportuno a información gubernamental y del sector privado sobre los riesgos del mercurio, las fuentes de mercurio y las alternativas para los productos que contienen mercurio.
- Debe haber apoyo, además, para nuevas investigaciones que desarrollen alternativas eficaces, no tóxicas y a precios asequibles, para los productos que contienen mercurio, los procesos industriales que dependen del mercurio, y otras actividades que liberan mercurio en el medio ambiente.
- Debe establecerse un mecanismo para identificar, gestionar y remediar los sitios contaminados con mercurio. Este mecanismo puede incluir compensaciones adecuadas para los trabajadores y las comunidades afectadas.
- El convenio debe hacer un llamado a las Partes para que presten la debida atención a los impactos sobre la salud y el medio ambiente que se producen cuando el mercurio se transforma en metilmercurio en los suelos, debido a la construcción de represas que inundan nuevos terrenos.
- Debe lograrse un pronto acceso a métodos y técnicas para la realización de pruebas de sensibilidad que permitan identificar la contaminación con mercurio en el medio ambiente, en los alimentos y en las personas.

14. Conclusión

Durante décadas se ha sabido que la contaminación por mercurio causa daños graves a la salud humana y el medio ambiente. Hasta hace poco, los gobiernos se habían opuesto a muchas de las medidas de control necesarias para reducir al mínimo la contaminación por mercurio. Existe ahora la esperanza de que esto cambiará.

La creciente preocupación pública y una mayor comprensión científica de los daños causados por la contaminación por mercurio a nivel local, nacional y mundial, ha llevado a muchos gobiernos a comenzar a adoptar medidas importantes para controlar las emisiones atmosféricas de mercurio y otras liberaciones de mercurio en el medio ambiente. La decisión de los gobiernos de comenzar a negociar un convenio mundial de control del mercurio hace más fácil y muy relevante para las ONG y otros grupos, iniciar acciones que aborden las cuestiones y preocupaciones relacionadas con el mercurio. Esto es verdadero en países donde los temas acerca del mercurio ya están bien establecidos como parte de la agenda política y ambiental nacional, y es crecientemente verdadero en países y regiones donde recién comienza a emerger la preocupación por la contaminación por mercurio.

Esto crea una oportunidad, a la vez que una obligación para las ONG y otras organizaciones de la sociedad civil con misiones relacionadas con la salud pública o la protección ambiental. También crea oportunidades y obligaciones para las organizaciones que representan a públicos impactados, como es el caso de la gente que consume pescado como un componente importante de su dieta, de las comunidades cercanas a las instalaciones que contaminan con mercurio, de los trabajadores que están sometidos a la exposición al mercurio, y de muchos otros. Tomar medidas sobre temas relacionados con el mercurio puede resultar altamente exitoso en el actual clima político y puede tener un impacto considerable. Finalmente, mientras el convenio mundial sobre control del mercurio está siendo negociado, y más tarde, cuando los gobiernos nacionales estén considerando su ratificación y luego su implementación, la sensibilización pública a nivel

nacional sobre la contaminación por mercurio tendrá una gran influencia en la forma en que decidan actuar.

Debido a la naturaleza mundial de la contaminación por mercurio, es esencial que exista un movimiento mundial de ONG y otras organizaciones de la sociedad civil, trabajando juntas en la búsqueda de soluciones. La Red Internacional de Eliminación de los COP (IPEN) está comprometida con la construcción y fortalecimiento de este movimiento.

Ver <http://www.ipen.org/hgfree/#booklet>.

IPEN agradece a la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Suecia y a la Oficina Federal para el Ambiente de Suiza y a otros donantes de IPEN por el apoyo financiero que hizo posible la producción de este folleto. Los puntos de vista expresados, sin embargo, no reflejan necesariamente el de los donantes de IPEN.



www.ipen.org/hgfree

La Campaña de IPEN para la Eliminación del Mercurio

es una respuesta al conocimiento creciente acerca de la escala alarmante de los daños a la salud humana y el medio ambiente causados por la contaminación global del mercurio. La campaña promueve iniciativas de las ONGs y organizaciones de la sociedad civil, a nivel nacional y local, en todas las regiones del mundo, para:

- Elevar el conocimiento público acerca de los daños causados por la exposición y contaminación del mercurio
- Empezar campañas dirigidas a eliminar la contaminación o mejorar el control de las fuentes de exposición del mercurio
- Promover alternativas libres de mercurio
- Aumentar el apoyo entre funcionarios gubernamentales, líderes políticos y de opinión, para la adopción y cumplimiento de leyes y políticas nacionales de control del mercurio
- Lograr el apoyo público y político para la adopción y ratificación nacional de un fuerte y completo convenio mundial de control del mercurio.



INTERNATIONAL POPs
ELIMINATION NETWORK

Trabajando juntos por un futuro libre de tóxicos

www.ipen.org ipen@ipen.org