



**PROGRAMA DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE**

PRODUCTOS QUIMICOS



EVALUACIÓN MUNDIAL SOBRE EL MERCURIO

Extractos del informe completo -

Índice

Conclusiones principales

Resumen del informe



Gota de mercurio



**PROGRAMA DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE**



PRODUCTOS QUIMICOS

EVALUACIÓN MUNDIAL SOBRE EL MERCURIO

Extractos del informe completo -

Índice

Conclusiones principales

Resumen del informe

Publicado por el PNUMA Productos Químicos

Ginebra, Suiza

Diciembre de 2002

Delimitación de responsabilidades

El propósito de la presente publicación es orientar. Aun considerando que la información que aquí se da es fidedigna, el PNUMA declina toda responsabilidad en cuanto a posibles inexactitudes u omisiones y a las consecuencias que éstas puedan tener. Ni el PNUMA ni ninguna de las personas implicadas en la preparación del presente informe podrán ser tenidos por responsables de cualquier tipo de lesión, pérdida, daño o perjuicio que pueda causarse a personas que hayan actuado según hayan comprendido la información presentada en esta publicación.

La designación empleada y la presentación del material del presente informe no expresan en ningún modo ningún tipo de opinión por parte de las Naciones Unidas o del PNUMA con respecto a la situación jurídica de ningún país, territorio, ciudad o área o a ninguna de sus autoridades, ni tampoco en relación con cualquier tipo de delimitación de sus fronteras o límites.

Esta publicación se ha producido con el apoyo del
Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento.

Esta publicación se ha producido dentro del marco del
Programa Interorganismos para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas (IOMC).

El Programa Interorganismos para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas fue establecido en 1995 por el PNUMA, OIT, FAO, OMS, ONUDI y OCDE (organizaciones participantes), a raíz de las recomendaciones formuladas en 1992 por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo con miras a reforzar la cooperación y aumentar la coordinación en el campo de la seguridad química. En enero de 1998, UNITAR se unió oficialmente al IOMC como organización participante. El objetivo del IOMC consiste en fomentar la coordinación de las políticas y actividades de las organizaciones participantes, conjuntamente o por separado, con miras a la buena gestión de las sustancias químicas en relación con la salud humana y el medio ambiente.

El material que figura en la presente publicación se puede citar o reimprimir libremente, pero citando su origen y haciendo referencia al número de documento correspondiente. Deberá enviarse a Productos Químicos, PNUMA, una copia de la publicación que contenga la cita o reimpresión.

Para obtener copias del presente informe, dirigirse a:

PNUMA Productos químicos
11-13, chemin des Anémones
CH-1219 Châtelaine, Geneva
Switzerland
Teléfono: +41 22 917 1234
Fax: +41 22 797 3460
Correo electrónico: chemicals@unep.ch
Sitio web: <http://www.chem.unep.ch>

Objetivo del presente documento

Este documento contiene extractos del informe “Evaluación Mundial sobre el Mercurio” que la dependencia de Productos Químicos del PNUMA publicó en diciembre de 2002. El informe completo —266 páginas— sólo está disponible en idioma inglés. Aquí presentamos la traducción del índice (páginas i-ii), las conclusiones principales (páginas iii-viii) y el resumen del informe (páginas 1-25), con el objeto de facilitar el acceso al informe completo y su contenido a los lectores no anglófonos.

Si desea una copia del informe completo en inglés, comuníquese con la Dependencia de Productos Químicos del PNUMA a la dirección que aparece en la página anterior. El documento también puede consultarse en el sitio web sobre mercurio del PNUMA Productos Químicos: <http://www.chem.unep.ch/mercury/>.

Índice del informe

Conclusiones principales del informe	iii
Resumen del informe	1
1 Introducción	23
1.1 Antecedentes y mandato	23
1.2 Presentación de información para este informe	24
1.3 Fuentes de información para este informe	26
1.4 Ámbito y cobertura de este informe	26
1.5 Objetivo de este informe	27
2 Química	28
2.1 Panorama general	28
2.2 Especies de mercurio y su transformación en la atmósfera	30
2.3 Especies de mercurio y su transformación en medios acuáticos	33
2.4 Especies de mercurio y su transformación en suelos	34
3 Toxicología	35
3.1 Panorama general	35
3.2 Metilmercurio	37
3.3 Mercurio elemental y compuestos inorgánicos de mercurio	44
3.4 Interacciones – posibles efectos perjudiciales de ciertos nutrientes	49
4 Exposición actual al mercurio y evaluaciones del riesgo para la salud humana	50
4.1 Panorama general	50
4.2 Evaluaciones de niveles de exposición que generan riesgos	51
4.3 Vías de exposición al mercurio – panorama general	56
4.4 Exposición por dieta a base de pescado y mamíferos marinos	61
4.5 Datos presentados sobre concentraciones de mercurio en peces	67
5 Efectos del mercurio en el medio ambiente	73
5.1 Panorama general	73
5.2 Niveles de efectos ecotoxicológicos	75
5.3 Ecosistemas en riesgo y especies vulnerables	78
5.4 Concentraciones de mercurio en los medios ambientales	86
6 Fuentes y circulación del mercurio en el medio ambiente mundial	87
6.1 Panorama general	87
6.2 Fuentes naturales de mercurio	93

6.3	Fuentes antropógenas de mercurio	94
6.4	Trayectorias del mercurio hacia el medio ambiente y dentro el medio ambiente	105
7	Producción y uso actuales del mercurio	119
7.1	Panorama general	119
7.2	Producción mundial	122
7.3	Pautas de uso actual	124
7.4	Cuestiones sobre producción cloroalcalina y extracción de oro	132
8	Tecnologías y prácticas de prevención y control	138
8.1	Panorama general	138
8.2	Sustitución	143
8.3	Reducción de liberaciones de mercurio	150
8.4	Prácticas de gestión de desechos	166
8.5	Costos y efectividad del control del mercurio	170
9	Iniciativas para controlar liberaciones y limitar el uso y la exposición	181
9.1	Panorama general	181
9.2	Iniciativas nacionales	182
9.3	Acuerdos e instrumentos internacionales	205
9.4	Organizaciones y programas internacionales	216
9.5	Iniciativas subregionales y regionales	224
10	Datos e información faltantes	231
10.1	Necesidades de investigación e información en el plano nacional	231
10.2	Falta de datos de carácter general, global	232
10.3	Desarrollo de herramientas de política	236
11	Opciones para hacer frente a todo efecto significativo del mercurio a escala mundial	238
11.1	Panorama general	238
11.2	Conclusiones relativas a los efectos perjudiciales significativos del mercurio a escala mundial	239
11.3	Conclusiones relativas a las posibles opciones para hacer frente a todo efecto perjudicial significativo del mercurio a escala mundial	241
11.4	Otros aspectos relativos a las posibles opciones para hacer frente a todo efecto perjudicial significativo del mercurio a escala mundial	246
11.5	Propuestas para acción inmediata a consideración del Consejo de Administración del PNUMA	249
12	Glosario, siglas y abreviaturas	251
	Referencias	254

Conclusiones principales del informe

¿POR QUÉ DEBEMOS PREOCUPARNOS? ¿PODEMOS CAMBIAR LA SITUACION?

El mercurio está presente en todo el medio ambiente

1. Los niveles de mercurio en el medio ambiente han aumentado considerablemente desde el inicio de la era industrial. El mercurio se encuentra actualmente en diversos medios y alimentos (especialmente el pescado) en todas partes del mundo a niveles que afectan adversamente a los seres humanos y la vida silvestre. La actividad del hombre ha generalizado los casos de exposición, y las prácticas del pasado han dejado un legado de mercurio en vertederos, los desechos de la minería y los emplazamientos, suelos y sedimentos industriales contaminados. Hasta las regiones donde se registran emisiones mínimas de mercurio, como el Ártico, se han visto adversamente afectadas debido al transporte transcontinental y mundial del mercurio.

El mercurio es persistente y circula por todo el mundo

2. La fuente más importante de contaminación con mercurio son las emisiones al aire, pero se producen también emisiones de mercurio de diversas fuentes que van directamente al agua y a la tierra. Una vez liberado, el mercurio permanece en el medio ambiente, donde circula entre el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la biota en diversas formas. Las emisiones actuales se añaden al fondo de mercurio existente en el mundo que se sigue movilizándose, depositándose en la tierra y el agua y volviendo a moverse.

3. La forma en que se libera el mercurio varía según los tipos de fuentes y otros factores. La mayoría de las emisiones al aire son en forma de mercurio elemental gaseoso, que es transportado en todo el mundo a regiones alejadas de las fuentes de emisión. Las emisiones restantes se producen en forma de mercurio gaseoso, inorgánico, iónico (como el cloruro de mercurio) o consolidado en partículas emitidas. Estas formas tienen un período de vida más corto en la atmósfera y se pueden depositar en tierras o masas de agua a distancias aproximadas de 100 a 1000 kilómetros de su fuente. El mercurio elemental en la atmósfera puede transformarse en mercurio iónico, que crea una vía importante para el depósito del mercurio elemental emitido.

4. Una vez depositado, el mercurio puede cambiar de forma (principalmente por metabolismo microbiano) y convertirse en metilmercurio, que tiene la capacidad de acumularse en organismos (bioacumulación) y concentrarse en las cadenas alimentarias (biomagnificación), especialmente en la cadena alimentaria acuática (peces y mamíferos marinos). El metilmercurio es, pues, la forma que causa mayor preocupación. Casi todo el mercurio que se encuentra en los peces es metilmercurio.

Efectos graves de la exposición al mercurio

5. El mercurio tiene diversos efectos adversos, importantes y documentados, sobre la salud humana y el medio ambiente de todo el mundo. El mercurio y sus compuestos son sumamente tóxicos, especialmente para el sistema nervioso en desarrollo. El nivel de toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta. Los seres humanos pueden estar expuestos al mercurio de diversas formas, incluido, entre otras cosas, el consumo de pescado, los usos ocupacionales y domésticos, las amalgamas dentales y las vacunas que contienen mercurio.

6. El metilmercurio tiene efectos adversos para los seres humanos y la vida silvestre. Este compuesto atraviesa rápidamente la barrera placentaria y la barrera hematoencefálica, y es un neurotóxico que puede afectar muy negativamente el desarrollo del cerebro. Los estudios han demostrado que la presencia de metilmercurio en las dietas de mujeres embarazadas puede surtir efectos adversos sutiles pero persistentes en el desarrollo del niño, que se observan desde el comienzo de la edad escolar. Algunos estudios indican,

además, que los pequeños aumentos en la exposición al metilmercurio pueden afectar negativamente al sistema cardiovascular. Un número importantísimo de personas y animales silvestres están actualmente expuestos a niveles que plantean riesgos de este tipo y posiblemente otros efectos adversos.

7. Algunos grupos reaccionan de manera particular a la exposición al mercurio, en particular los fetos, los recién nacidos y los niños pequeños, debido a que el sistema nervioso en desarrollo es muy delicado. De ahí que los padres, las mujeres embarazadas y las que pudieran estarlo deban tener plena conciencia de los posibles daños que causa el metilmercurio. El consumo moderado de pescado (con niveles de mercurio bajos) probablemente no presentará un nivel peligroso de exposición. Las poblaciones indígenas, sin embargo, así como otros grupos que consumen grandes cantidades de pescado o mamíferos marinos contaminados, y los trabajadores que están expuestos al mercurio, como los que trabajan en actividades mineras de oro y plata en pequeña escala, pueden estar expuestos a niveles altos de mercurio y, por lo tanto, corren riesgo.

8. Aparte de su importancia para muchas culturas indígenas, el pescado constituye un componente muy valioso de la dieta humana en muchas partes del mundo, ya que proporciona nutrientes que, por regla general, no se encuentran en otras fuentes alimenticias. El mercurio constituye una importante amenaza para esta fuente de alimentos. De igual modo, el pescado contaminado puede crear graves problemas económicos para las comunidades y regiones que dependen de la pesca para su supervivencia.

9. Hay también algunos ecosistemas y poblaciones de vida silvestre que son particularmente vulnerables, entre ellos los principales depredadores de las redes alimenticias acuáticas (como las aves y los mamíferos que se alimentan de pescado), los ecosistemas del Ártico, los humedales, los ecosistemas tropicales y las comunidades microbianas del suelo.

El éxito de las intervenciones

10. La contaminación con mercurio surte importantes efectos en los planos local, nacional, regional y mundial. Estos efectos se pueden combatir mediante un conjunto de medidas en cada uno de esos planos, estableciendo metas de reducción del uso, las emisiones y las exposiciones. Numerosas medidas adoptadas en Europa, América del Norte y otras partes han logrado reducir los usos y las liberaciones de mercurio. Los inventarios, sin embargo, todavía son incompletos en estas regiones y algunas liberaciones todavía alcanzan niveles importantes. La magnitud de las disminuciones a nivel del medio ambiente y la mejora de los ecosistemas debida a la reducción de las liberaciones de mercurio varían considerablemente con arreglo a las características del ecosistema local y a otros factores, y, en algunos casos, el proceso puede demorar varios decenios. Con todo, una evaluación de los niveles de mercurio realizada en lagos de Suecia indica que, al reducirse las liberaciones, los niveles de mercurio en el medio ambiente, por ejemplo en los peces de agua dulce, pueden reducirse significativamente en lugares específicos al cabo de uno o dos decenios.

¿POR QUÉ NO BASTAN LAS MEDIDAS LOCALES O REGIONALES POR SÍ SOLAS?

La circulación mundial del mercurio agrava el problema

11. Como se explicó anteriormente, el mercurio contenido en la atmósfera tienen orígenes locales o regionales y también hemisféricos o mundiales. Además de las fuentes locales de liberación de mercurio (como la incineración de basura y la combustión del carbón), las concentraciones generales de fondo en todo el mundo (“global pool”) contribuyen significativamente a la cantidad total de mercurio que se encuentra en muchos lugares. Por lo mismo, prácticamente todas las fuentes locales pueden contribuir a esa acumulación mundial. Los ríos y las corrientes oceánicas también actúan como medios de transporte del mercurio a grandes distancias.

12. En algunos países, el depósito de mercurio local y regional ha incrementado gradualmente los niveles de contaminación hasta tal punto que en los últimos decenios se han adoptado medidas correctivas para reducir las liberaciones. Sin embargo, el transporte a largas distancias ha hecho que incluso los países que registran emisiones mínimas de mercurio y otras zonas apartadas de las actividades industriales sufran efectos adversos. Por ejemplo, se han observado altos niveles de mercurio en el Ártico, muy lejos de las fuentes de liberaciones importantes.

Los efectos del mercurio en la pesca mundial

13. Muchas especies de peces que se encuentran en aguas internacionales emigran a lugares remotos y diversos. Además, después de la captura, el pescado comercial se suele exportar a diversas naciones de todo el mundo, a lugares muy alejados de su lugar de origen. Por lo tanto, la contaminación con mercurio de lagos, ríos y especialmente océanos es una cuestión verdaderamente mundial, que afecta a las industrias pesqueras y a los consumidores de pescado de todo el mundo.

El mercurio puede ser más problemático para las regiones menos adelantadas

14. Con el aumento de la conciencia acerca de los efectos adversos del mercurio, se ha reducido significativamente el uso de este mineral en muchos países industrializados. Hay alternativas para la mayoría de los usos, que se pueden adquirir en el mercado a precios competitivos. Estas reducciones del uso, sin embargo, han dado lugar a una reducción de la demanda en relación con la oferta de mercurio que ha mantenido bajos los precios del mercurio y ha hecho que siga utilizándose este metal (y en algunos casos, aumentando su uso) y la tecnología de mercurio obsoleta en naciones o regiones menos adelantadas. Dado que los reglamentos y las restricciones relativas al mercurio son menos exhaustivos y se no se hacen cumplir como es debido en muchas regiones menos desarrolladas, estas tendencias han contribuido a que, en algunas zonas, se concentren de manera desproporcionada algunos de los riesgos que entraña el mercurio para la salud y el medio ambiente.

El mercurio es objeto de un uso y un comercio internacional considerables

15. Pese a que hay un mayor conocimiento de los riesgos que entraña el mercurio, éste se sigue usando en diversos productos y procesos en todo el mundo. El metal de mercurio elemental se utiliza en la minería del oro y la plata en pequeña escala; la producción de cloro alcalino; los manómetros de medición y control; los termómetros, interruptores eléctricos; lámparas fluorescentes, y amalgamas dentales. Los compuestos del mercurio se utilizan en baterías, biocidas en la industria del papel, productos farmacéuticos, pinturas y desinfectantes de semillas y como reactivos de laboratorio y catalizadores industriales.

16. Hay un comercio importante y permanente de mercurio y productos que contienen mercurio, parte del cual es ilícito y no está controlado ni regulado. Esta corriente de mercurio en el comercio internacional es la parte menos conocida de los importantes movimientos mundiales de este mineral. Pese a que en los últimos años han disminuido las cantidades de mercurio comercializadas (y extraídas), todavía se transportan cantidades considerables. Preocupa en particular el hecho de que no ha disminuido la demanda en muchas naciones en desarrollo. El mercurio disponible en el mercado mundial proviene de diversas fuentes, entre otras:

- La minería del mercurio (extraído de minerales de la corteza de la tierra), ya sea como producto principal o como subproducto de la extracción y la refinación de otros metales (oro, zinc) o minerales;
- Las existencias privadas y gubernamentales (mercurio en plantas de cloro-álcali, reservas oficiales);
- El mercurio reciclado de productos agotados y desechos industriales.

17. Aunque sujetos a reglamentos y restricciones, actualmente en vigor, muchos de los usos y movimientos del mercurio y de productos que contienen mercurio probablemente darán lugar a liberaciones de mercurio al medio ambiente mundial. Entretanto, siguen constituyendo un peligro de liberaciones futuras las grandes cantidades de mercurio que permanecen en desechos de minería, depósitos de basura y sedimentos, así como en los almacenes. En consecuencia, tal vez sea conveniente la adopción de medidas para reducir, manejar y ordenar los usos, las existencias y el comercio en los planos local, regional, nacional e internacional para prevenir o reducir al mínimo las futuras liberaciones.

¿CÓMO PENETRA EL MERCURIO EN LAS PERSONAS Y LA VIDA SILVESTRE?

18. Aunque las condiciones locales pueden influir en la exposición al mercurio de ciertas poblaciones, la mayoría de las personas están expuestas principalmente al metilmercurio por medio de los alimentos (especialmente el pescado) y a los vapores del mercurio elemental en la forma de amalgamas dentales y actividades laborales. En párrafos anteriores se explicó la toxicidad del metilmercurio. El vapor de mercurio elemental es también tóxico para el sistema nervioso y otros órganos. Mientras que el metilmercurio es el principal motivo de preocupación para la población en general, también preocupan las exposiciones a elevadas concentraciones de mercurio elemental.

19. Se han medido niveles elevados de metilmercurio en numerosas especies de peces marinos y de agua dulce de todo el mundo. Se encuentran niveles elevados en los peces depredadores de gran tamaño y en mamíferos que consumen peces. Los estudios de la exposición en diferentes zonas geográficas indican que una proporción importante de seres humanos y vida silvestre de todo el mundo está expuesta a niveles de metilmercurio que son motivo de preocupación, principalmente por el consumo de pescado contaminado.

20. Según el grado de contaminación local con mercurio, la ingesta total de mercurio por el agua y el aire puede aportar otras cantidades sustanciales. Además, el empleo de cremas y jabones para aclarar la piel, el uso del mercurio con ciertos fines religiosos, culturales y rituales, su uso en algunas medicinas tradicionales y el mercurio en los hogares y en el ambiente de trabajo pueden dar lugar a aumentos sustanciales de la exposición humana. Se producen también exposiciones por el uso de vacunas y otros productos farmacéuticos que contienen preservantes de mercurio (como el timerosal o el tiomersal).

21. Se han notificado niveles elevados de mercurio elemental en el entorno de trabajo de plantas de cloro-alcalí, minas de mercurio, fábricas de termómetros, refinерías, clínicas dentales y la minería y procesamiento de oro y plata extraídos con mercurio. Los efectos relativos de la contaminación local (como en las minas clausuradas), la exposición ocupacional y las tradiciones locales pueden variar considerablemente de un país a otro y se sabe que son importantes en algunas zonas.

22. Numerosas especies de animales silvestres con dietas basadas principalmente en el pescado pueden tener niveles de mercurio elevados que aumentan el riesgo de los efectos adversos. Entre los animales con niveles de mercurio más altos figuran, entre otros, la nutria, el visón, las aves de rapiña, las águilas y el martín pescador, que son los depredadores que se encuentran en el nivel superior de la cadena alimentaria acuática. Por ejemplo, los huevos de ciertas especies de aves canadienses presentan niveles de mercurio que amenazan la reproducción. Además, los niveles de mercurio en la foca anillada y la ballena blanca del Ártico han aumentado de dos a cuatro veces en los últimos 25 años en algunas zonas de Groenlandia y el Ártico canadiense. En aguas más cálidas, algunos mamíferos marinos predadores también están expuestos a riesgos. Además, estudios recientes indican que hay suelos adversamente afectados en grandes partes de Europa y posiblemente en muchos otros lugares. En algunos medios, sin embargo, ni siquiera las cargas de mercurio relativamente altas surten efectos perceptibles en los organismos, ya que bien no se ha producido una bioacumulación efectiva de mercurio en la cadena alimentaria local o su metilación no resulta fácil. Por otra parte, en ciertos lugares, es posible que los efectos de las prácticas de ordenación de las cuencas hidrográficas en los niveles de metilmercurio sean más importantes que las aportaciones directas o difusas de mercurio.

¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES FUENTES DE LIBERACIONES DE MERCURIO ?

23. Las emisiones de mercurio se pueden agrupar en cuatro categorías:

- Fuentes naturales: liberaciones debidas a la movilización natural del mercurio tal como se encuentra en la corteza terrestre, como la actividad volcánica o la erosión en las rocas;
- Las actuales liberaciones antropógenas (asociadas con la actividad humana) resultantes de la movilización de impurezas de mercurio en materias primas como los combustibles fósiles -en particular el carbón, y en menor medida el gas y el petróleo- y otros minerales extraídos, tratados y reciclados;

- Las actuales liberaciones antropógenas resultantes del uso intencional del mercurio en productos y procesos durante la fabricación, los derrames, la eliminación o incineración de productos agotados y liberaciones de otro tipo;
- La removilización de liberaciones antropógenas pasadas de mercurio anteriormente depositado en suelos, sedimentos, masas de agua, vertederos y acumulaciones de desechos o residuos.

24. Una gran parte del mercurio presente en estos momentos en la atmósfera es el resultado de muchos años de emisiones antropógenas. Es difícil de calcular el componente natural de la carga total en la atmósfera, aunque los datos disponibles parecen indicar que las actividades antropógenas han incrementado los niveles de mercurio en la atmósfera en un factor aproximado de tres, las tasas medias de sedimentación en un factor de 1,5 a 3 y la sedimentación en las proximidades de zonas industriales en un factor de 2 a 10.

25. El mercurio se sigue desprendiendo de los emplazamientos industriales muy contaminados y las operaciones mineras abandonadas. Además, las actividades de ordenación de las tierras, el agua y los recursos, como las prácticas silvícolas y agrícolas, y las inundaciones pueden aumentar la biodisponibilidad de mercurio. Los altos niveles de nutrientes y materias orgánicas en las masas de agua influyen en la metilación y la bioacumulación. Además, las inclemencias frecuentes del tiempo pueden contribuir a que el mercurio se desprenda durante las inundaciones o por erosión del suelo.

¿CUÁLES SON LAS FUENTES ANTROPÓGENAS ?

26. En lo que se refiere a las liberaciones antropógenas, la proporción relativa de las liberaciones derivadas de usos intencionales por oposición a la movilización de impurezas de mercurio varía mucho de un país a otro y de una región a otra, en particular según el alcance de la sustitución de los usos intencionales (productos y procesos); la dependencia de los combustibles fósiles, en particular el carbón, para la producción de energía; la envergadura de las operaciones de la industria minera y de extracción de minerales; las prácticas de eliminación de desechos y el estado de la aplicación de tecnologías de control de contaminación. En los países en que se practica la minería del mercurio o se utiliza el mercurio para la minería en pequeña escala del oro o la plata, estas fuentes pueden ser muy importantes.

27. Algunos de los procesos antropógenos más importantes que movilizan impurezas de mercurio son la generación de energía y calor a partir del carbón; la producción de cemento; y la minería y otras actividades metalúrgicas que comprenden la extracción y procesamiento de materiales minerales, como la producción de hierro y acero, zinc y oro. Algunas fuentes importantes de liberaciones antropógenas que se producen a raíz de la extracción y el uso intencional del mercurio comprenden la minería del mercurio; la minería del oro y la plata en pequeña escala; la producción de cloro alcalino; el uso de lámparas fluorescentes, faros de automóviles, manómetros, termostatos, termómetros y otros instrumentos y su rotura accidental; las amalgamas dentales; la fabricación de productos que contienen mercurio; el tratamiento de desechos y la incineración de productos que contienen mercurio; los vertederos y la cremación.

¿CÓMO SE PUEDEN REDUCIR LAS LIBERACIONES?

28. La reducción o eliminación de las liberaciones antropógenas de mercurio requiere el control de las liberaciones procedentes de materias primas y alimentos que contienen mercurio, así como la reducción o eliminación de usos del mercurio en productos y procesos. Los métodos concretos para controlar estas liberaciones de mercurio varían mucho y dependen de las condiciones del lugar, pero en general pueden agruparse en cuatro categorías:

- La reducción de la minería del mercurio y el consumo de materias primas y productos que generan liberaciones;
- La sustitución de productos y procesos que contienen o usan mercurio;
- El control de las liberaciones de mercurio mediante controles al final de proceso; y
- La gestión de los desechos de mercurio.

29. Las dos primeras son "medidas preventivas", es decir, previenen algunos usos o liberaciones de mercurio. Las dos últimas son "medidas de control", que reducen (o demoran) algunas liberaciones. Las medidas de prevención para reducir el consumo de materia primas y productos que generan liberaciones de mercurio son, por regla general, eficaces en función del costo y son los medios más viables de suprimir las emanaciones de mercurio. Además, la sustitución de esos productos y procesos por otros en los que no participa el mercurio es una medida de prevención importante.

30. El control de las liberaciones de mercurio mediante la utilización de técnicas de control de fin de ciclo, como el filtrado de las emanaciones de gas, puede ser especialmente apropiado para procesos que utilizan materias primas contaminadas con partículas de mercurio: centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles, la producción de cemento, la extracción y procesamiento de materia primas como el zinc, el oro y otros metales y la procesamiento de materia primas secundarias, como la chatarra de acero. Si bien en muchos países no se ha generalizado el uso de tecnologías de control que reducen el dióxido de sulfuro (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y materia particulada (MP) en las calderas y los incineradores alimentados con carbón, éstas proporcionan también cierta medida de control del mercurio. Se está desarrollando y poniendo a prueba una tecnología que proporcionará un mayor control del mercurio, pero no se está comercializando aún. A la larga, las tecnologías integradas de control de múltiples contaminantes (SO₂, NO_x, MP y mercurio) pueden llegar a ser un método eficaz en función del costo. Las tecnologías de control de fin de ciclo, si bien mitigan el problema de la contaminación atmosférica con mercurio, siguen produciendo desechos de mercurio que son posibles fuentes de futuras liberaciones y deben ser eliminados o reutilizados de manera ambientalmente aceptable.

31. La gestión de los desechos de mercurio es cada vez más compleja a medida que se recoge más mercurio de una diversidad de fuentes, incluidos los productos del filtrado de gas, los sedimentos de la industria del cloro alcalino, las cenizas y los residuos minerales, así como los tubos fluorescentes, baterías y otros productos usados que con frecuencia no se reciclan. El costo de la eliminación aceptable de los desechos de mercurio en algunos países es tal que muchos productores están estudiando la posibilidad de utilizar otros productos que no contengan mercurio. La gestión adecuada de los desechos de mercurio es importante para reducir las liberaciones al medio ambiente, incluidas las que se producen por derrames (como la rotura de termómetros) o las que duran algún tiempo debido a las fugas (como las que se producen en los interruptores automáticos y las amalgamas dentales) o las emanaciones de la incineración de desechos y la cremación. Se necesita una combinación bien estudiada de medidas de prevención y medidas de control para optimizar la reducción de las liberaciones de mercurio.

32. Muchos países han adoptado medidas para limitar y prevenir usos, liberaciones y exposiciones, como las siguientes:

- Medidas y reglamentos para controlar las liberaciones de mercurio al medio ambiente;
- Medidas y reglamentos de control de la fabricación de productos que contienen mercurio;
- Normas de calidad ambiental, que especifican concentraciones máximas de mercurio aceptables para diferentes medios, como el agua potable, las aguas superficiales, el aire y el suelo, y los productos alimenticios como el pescado;
- Otras normas, medidas y programas, como los reglamentos relativos a las exposiciones al mercurio en el lugar de trabajo, la obligación de presentar informes, asesoramiento al público respecto del consumo de pescado y medidas de protección de los consumidores.

33. Aunque la legislación es un componente esencial de la mayoría de las iniciativas nacionales, hay otras actividades que permiten reducir el uso del mercurio, como el desarrollo y la introducción de alternativas seguras y tecnología menos contaminante, el uso de subvenciones e incentivos para alentar la utilización de sucedáneos, los acuerdos voluntarios con la industria y sensibilización.

34. La circulación del mercurio a grandes distancias y su persistencia en el medio ambiente han hecho que cierto número de países emprendiera medidas de carácter regional, subregional e internacional para determinar objetivos de reducción comunes y asegurar la aplicación coordinada entre los países.

¿CON QUÉ AUMENTAR NUESTROS CONOCIMIENTOS Y LA COORDINACIÓN INTERNACIONAL?

35. Pese a la falta de determinados datos, las amplias investigaciones realizadas durante medio siglo han permitido acumular tantos conocimientos sobre el mercurio (incluidos su destino y transporte, sus efectos en la salud y el medio ambiente y la función que cumple la actividad humana), que no debe dejarse para después la adopción de medidas internacionales encaminadas a abordar el problema mundial que representa el mercurio. No obstante, sería conveniente seguir investigando y llevando a cabo otras actividades para aumentar nuestros conocimientos y mejorar la coordinación en algunos aspectos, a saber:

- Los inventarios nacionales sobre el uso, el consumo y las liberaciones ambientales;
- La información sobre el transporte, la transformación, la circulación y el destino del mercurio en diversas zonas específicas;
- La evaluación y vigilancia de los niveles de mercurio en diversos medios (como el aire y deposición del aire) y la biota (el pescado) y los efectos conexos en los seres humanos y la vida silvestre, incluidos los efectos de las exposiciones frecuentes a diferentes formas de mercurio;
- Los datos e instrumentos para la evaluación del riesgo humano y ecológico;
- Otras medidas para prevenir y reducir las liberaciones de diversas fuentes;
- La colaboración entre países que se ocupan de la gama de cuestiones científicas y técnicas, incluidas la gestión de los desechos de mercurio y remediación de sitios; y
- La información sobre el comercio y la transferencia mundiales de mercurio y materiales que contienen mercurio.

Resumen del informe

CAPÍTULO 1 - Introducción

36. El presente informe se ha preparado a instancias del Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) quien, por medio de su decisión GC 21/5, solicitó al PNUMA que emprendiese una evaluación mundial sobre el mercurio y sus compuestos, en cooperación con otros miembros del Programa Interorganismos para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas (IOMC), y que presentase dicha evaluación al Consejo de Administración en su 22º período de sesiones, en 2003. La evaluación debía incluir información de Gobiernos, organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales y el sector privado, y abarcar algunos aspectos particulares definidos en la decisión del Consejo de Administración. Estos aspectos han sido tratados, en la medida de lo posible, en los diversos capítulos del informe.

37. Como parte de la ejecución de la decisión 21/5 del Consejo de Administración, el PNUMA estableció un Grupo de Trabajo sobre la Evaluación Mundial del Mercurio para que colaborara en la redacción y conclusión del presente informe, mediante una primera ronda de comentarios por correo y, posteriormente, en una reunión del Grupo de Trabajo que se celebró del 9 al 13 de septiembre de 2002 en Ginebra, Suiza. La composición del Grupo de Trabajo fue abierta y quedó integrado por miembros designados por los gobiernos, organizaciones intergubernamentales y organizaciones no gubernamentales.

38. Este informe será remitido al Consejo de Administración para que lo analice durante su 22º período de sesiones, en febrero de 2003. Habiendo tomado la iniciativa de este informe de evaluación, el Consejo de Administración tendrá fundamentos más sólidos para determinar si se precisa alguna acción internacional con miras a promover la gestión ambientalmente racional del mercurio y sus compuestos. El informe ayudará a que los responsables de tomar decisiones adquieran una más plena comprensión y conciencia de los principales problemas relacionados con el mercurio y sus compuestos, con lo que se facilitará la discusión del tema en el próximo período de sesiones del Consejo de Administración.

CAPÍTULO 2 – Química

39. El mercurio se genera de manera natural en el medio ambiente y se da en una gran variedad de formas. Al igual que el plomo y el cadmio, el mercurio es un elemento constitutivo de la tierra, un metal pesado. En su forma pura se le conoce como mercurio “elemental” o “metálico” (representado también como $Hg(0)$ o Hg^0). Rara vez se le encuentra en su forma pura, como metal líquido; es más común en compuestos y sales inorgánicas. El mercurio puede enlazarse con otros compuestos como mercurio monovalente o divalente (representado como $Hg(I)$ y $Hg(II)$ o Hg^{2+} , respectivamente). A partir del $Hg(II)$ se pueden formar muchos compuestos orgánicos e inorgánicos de mercurio.

40. El mercurio elemental es un metal blanco plateado brillante, en estado líquido a temperatura ambiente, que normalmente se utiliza en termómetros y en algunos interruptores eléctricos. A temperatura ambiente, y si no está encapsulado, el mercurio metálico se evapora parcialmente, formando vapores de mercurio. Los vapores de mercurio son incoloros e inodoros. Cuanto más alta sea la temperatura, más vapores emanarán del mercurio metálico líquido. Algunas personas que han inhalado vapores de mercurio indican haber percibido un sabor metálico en la boca.

41. El mercurio se extrae como sulfuro de mercurio (mineral de cinabrio). A lo largo de la historia, los yacimientos de cinabrio han sido la fuente mineral para la extracción comercial de mercurio metálico. La forma metálica se refina a partir del mineral de sulfuro de mercurio calentando el mineral a temperaturas superiores a los 540 ° C. De esta manera se vaporiza el mercurio contenido en el mineral, y luego se captan y enfrían los vapores para formar el mercurio metálico líquido.

42. Algunos de los compuestos inorgánicos de mercurio son: sulfuro de mercurio (HgS), óxido de mercurio (HgO) y cloruro de mercurio (HgCl₂). A estos compuestos también se les conoce como sales de mercurio. La mayoría de los compuestos inorgánicos de mercurio son polvos o cristales blancos, excepto el sulfuro de mercurio, que es rojo y se vuelve negro con la exposición a la luz. Algunas sales de mercurio (como el HgCl₂) son lo bastante volátiles para existir como gas atmosférico. Sin embargo, la solubilidad en agua y reactividad química de estos gases inorgánicos (o divalentes) de mercurio hacen que su deposición de la atmósfera sea mucho más rápida que la del mercurio elemental. Esto significa que la vida atmosférica de los gases de mercurio divalentes es mucho más corta que la del gas de mercurio elemental.

43. Cuando el mercurio se combina con carbono se forman compuestos conocidos como compuestos “orgánicos” de mercurio u organomercuriales. Existe una gran cantidad de compuestos orgánicos de mercurio (como el dimetilmercurio, fenilmercurio, etilmercurio y metilmercurio), pero el más conocido de todos es el metilmercurio. Al igual que los compuestos inorgánicos de mercurio, el metilmercurio y el fenilmercurio existen como “sales” (por ejemplo, cloruro de metilmercurio o acetato de fenilmercurio). Cuando son puros, casi todos los tipos de metilmercurio y fenilmercurio son sólidos blancos y cristalinos. En cambio, el dimetilmercurio es un líquido incoloro.

44. Varias formas de mercurio se dan de manera natural en el medio ambiente. Las formas naturales de mercurio más comunes en el medio ambiente son el mercurio metálico, sulfuro de mercurio, cloruro de mercurio y metilmercurio. Ciertos microorganismos y procesos naturales pueden hacer que el mercurio en el medio ambiente pase de una forma a otra.

45. El mercurio elemental en la atmósfera puede transformarse en formas inorgánicas de mercurio, lo que abre una significativa vía para la sedimentación de mercurio elemental emitido.

46. El compuesto orgánico de mercurio más común que generan los microorganismos y procesos naturales a partir de otras formas es el metilmercurio. El metilmercurio es particularmente inquietante porque puede acumularse (bioacumulación y biomagnificación) en muchos peces de agua dulce y salada comestibles, así como en mamíferos marinos comestibles, en concentraciones miles de veces mayores que las de las aguas circundantes.

47. El metilmercurio puede formarse en el medio ambiente por metabolismo microbico (procesos bióticos), por ejemplo, por efecto de ciertas bacterias, así como por procesos químicos que no implican a organismos vivos (procesos abióticos). Sin embargo, se suele considerar que su formación en la naturaleza se debe sobre todo a procesos bióticos. En la actualidad no se conocen fuentes antropógenas (generadas por seres humanos) directas de metilmercurio, aunque antiguamente las hubo. Sin embargo, y de forma indirecta, las liberaciones antropógenas contribuyen a los niveles de metilmercurio en el medio ambiente por su transformación a partir de otras formas. Un ejemplo de liberación directa de compuestos orgánicos de mercurio es el caso de envenenamiento por metilmercurio en Minamata en los años 1950, cuando se vertieron en esa bahía subproductos orgánicos de mercurio resultado de la producción industrial de acetaldehído. También se conocen casos de envenenamiento en Irak debido a que las semillas de trigo utilizado para preparar pan habían sido tratadas con recubrimiento fitosanitario a base de compuestos inorgánicos de mercurio. Hay, además, investigaciones recientes que demuestran que en los vertederos de desechos urbanos (Lindberg *et al.*, 2001) y las plantas de tratamiento de aguas residuales (Sommar *et al.*, 1999) pueden ocurrir liberaciones directas de metilmercurio, pero no se puede determinar todavía la importancia general de esta fuente.

48. Por tratarse de un elemento, el mercurio no se puede descomponer ni degradar en sustancias inofensivas. Durante su ciclo, el mercurio puede cambiar de estado y especie, pero su forma más simple es el mercurio elemental, de suyo nocivo para los seres humanos y el medio ambiente. Una vez liberado a partir de los minerales, o depósitos de combustibles fósiles y minerales yacientes en la corteza terrestre, y emitido a la biosfera, el mercurio puede tener una gran movilidad y circular entre la superficie terrestre y la atmósfera. Los suelos superficiales de la tierra, las aguas y los sedimentos de fondo se consideran los principales depósitos biosféricos de mercurio.

En condiciones naturales, el mercurio se da en alguno de los siguientes estados

- Como vapor metálico y mercurio líquido/elemental
- Unido a minerales que contienen mercurio (sólido)
- Como iones en solución o unido a compuestos iónicos (sales inorgánicas y orgánicas)
- Como complejos iónicos solubles
- Como compuestos orgánicos no iónicos gaseosos o disueltos
- Unido a partículas o materia orgánica o inorgánica mediante adsorción iónica, electrofílica o lipofílica

Importancia de la especiación del mercurio

49. A las diversas formas de mercurio existentes (como vapor de mercurio elemental, metilmercurio o cloruro de mercurio) se las conoce como “especies”. Como se ha mencionado, los principales grupos de especies de mercurio son el mercurio elemental, y sus formas orgánicas e inorgánicas. La especiación es el término que se suele usar para representar la distribución de determinada cantidad de mercurio entre diversas especies.

50. La especiación desempeña un papel importante en la toxicidad y exposición al mercurio de organismos vivos. La especie influye, por ejemplo, en los siguientes aspectos:

- La disponibilidad física que determina la exposición –por ejemplo, si el mercurio está muy adherido a materiales absorbentes no puede pasar fácilmente al flujo sanguíneo;
- El transporte dentro del organismo hacia los tejidos en los que tiene efectos tóxicos –que pueda atravesar, por ejemplo, la membrana intestinal o la barrera hematoencefálica;
- Su toxicidad (debido, en parte, a lo que se mencionó anteriormente);
- Su acumulación, biomodificación, detoxificación en tejidos, así como su excreción;
- Su biomagnificación al ir subiendo de uno a otro nivel trófico de la cadena alimentaria (aspecto importante sobre todo en el caso del metilmercurio).

51. La especiación también incide en el transporte del mercurio dentro de cada compartimiento medioambiental y entre uno y otro, como la atmósfera y los océanos. Por ejemplo, la especiación es un factor determinante para la distancia que recorre el mercurio emitido en el aire desde su fuente de emisión. El mercurio adsorbido en partículas y compuestos de mercurio iónico (divalente) cae sobre todo en el suelo y el agua cercanos a las fuentes (distancias locales a regionales), mientras que el vapor de mercurio elemental se transporta a escala hemisférica/mundial, lo que hace de las emisiones de mercurio una preocupación de alcance mundial. Otro ejemplo es la llamada "incidencia de reducción del mercurio en el amanecer polar", cuando se presenta una transformación de mercurio elemental en mercurio divalente debido a una mayor actividad solar y a la presencia de cristales de hielo, con lo que se observa un incremento sustancial en la deposición del mercurio durante un periodo de tres meses (de marzo a junio, aproximadamente).

52. Además, la especiación es muy importante para la capacidad de controlar las emisiones de mercurio en el aire. Por ejemplo, algunos instrumentos de control (como depuradores húmedos) captan razonablemente bien las emisiones de compuestos inorgánicos de mercurio, pero la mayoría de este tipo de instrumentos capta poco mercurio elemental.

CAPÍTULO 3 – Toxicología

53. La toxicidad del mercurio depende de su forma química y, por lo tanto, los síntomas y signos varían según se trate de exposición al mercurio elemental, a los compuestos inorgánicos de mercurio, o a los compuestos orgánicos de mercurio (en particular los compuestos de alquimercurio como sales de metilmercurio y etilmercurio, y el dimetilmercurio). Las fuentes de exposición también varían notablemente de una a otra forma de mercurio. En cuanto a los compuestos de alquimercurio, de los cuales el metilmercu-

rio es, con mucho, el más importante, la fuente de exposición más significativa es la dieta, particularmente la dieta a base de pescados y mariscos. En el caso del vapor de mercurio elemental, la fuente más importante para la población en general son las amalgamas dentales, pero a veces la exposición en el ambiente de trabajo puede ser muchas veces mayor. En lo que respecta a compuestos inorgánicos de mercurio, los alimentos constituyen la fuente más importante para la mayoría de la gente. Sin embargo, para ciertos segmentos de la población, el uso de cremas y jabones a base de mercurio para aclarar la piel, y el uso de mercurio con propósitos culturales/rituales o en medicina tradicional, también puede conducir a la exposición a mercurio inorgánico o elemental.

54. Aunque es bien sabido que el mercurio y sus compuestos son sustancias sumamente tóxicas cuyos efectos potenciales deben ser detenidamente estudiados, el grado de toxicidad de estas sustancias, sobre todo la del metilmercurio, está actualmente en discusión. Las investigaciones de la última década muestran que los efectos tóxicos pueden generarse a concentraciones más bajas, y que podrían afectar a más población mundial de lo que se había pensado. Como los mecanismos de ciertos efectos tóxicos sutiles – y la demostración de su existencia – son cuestiones sumamente complejas, todavía no se ha llegado a comprender en su totalidad este problema.

Metilmercurio

55. Entre los compuestos orgánicos de mercurio, el metilmercurio ocupa un lugar especial porque mucha población está expuesta a él, y su toxicidad está mejor caracterizada que la de otros compuestos orgánicos de mercurio. Se considera que, dentro del grupo de los compuestos orgánicos de mercurio, los compuestos de alquilmercurio (en particular, etilmercurio y metilmercurio) son similares en cuanto a toxicidad (además, ambos han sido utilizados como plaguicidas). En cambio, otros compuestos orgánicos de mercurio, como el fenilmercurio, se asemejan más al mercurio inorgánico en lo que respecta a toxicidad.

56. El metilmercurio es un neurotóxico muy bien documentado, que puede provocar efectos perjudiciales particularmente en el cerebro en formación. Además, este compuesto traspasa con facilidad la barrera placentaria y la barrera hematoencefálica; por eso es muy preocupante la exposición durante el embarazo. Asimismo, algunos estudios indican que incluso un pequeño aumento en la exposición al metilmercurio puede causar efectos perjudiciales en el sistema cardiovascular y un incremento en la mortalidad. Considerando la importancia de las enfermedades cardiovasculares en todo el mundo, estos resultados, aunque no estén confirmados, sugieren que las exposiciones al metilmercurio requieren más atención y un seguimiento adicional. Además, basándose en su evaluación general, el Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (*International Agency for Research on Cancer, IARC, 1993*) considera que los compuestos de metilmercurio pueden ser carcinógenos para los seres humanos (grupo 2B).

Mercurio elemental y compuestos inorgánicos de mercurio

57. La vía principal de exposición al mercurio elemental es por inhalación de sus vapores. Cerca del 80% de los vapores inhalados es absorbido por los tejidos pulmonares. Este vapor también penetra con facilidad la barrera de sangre del cerebro y su neurotoxicidad está bien documentada. La absorción intestinal de mercurio elemental es baja. El mercurio elemental puede oxidarse en los tejidos corporales a la forma divalente inorgánica.

58. Se han observado trastornos neurológicos y de comportamiento en seres humanos tras inhalación de vapor de mercurio elemental. Algunos de los síntomas son: temblores, labilidad emocional, insomnio, pérdida de la memoria, cambios en el sistema neuromuscular y dolores de cabeza. Se han observado asimismo efectos en el riñón y la tiroides. Las exposiciones altas también han ocasionado mortalidad. En cuanto a carcinogenicidad, la evaluación general del *IARC (1993)* concluye que el mercurio metálico y los compuestos inorgánicos de mercurio no son clasificables en cuanto a carcinogenicidad para los seres humanos (grupo 3). Por consiguiente, los efectos neurotóxicos, como la inducción de temblores, podrían constituir el efecto crítico que sirva de base para la evaluación de riesgos. También deberían considerarse los efectos en riñones (conducto renal), pues son el punto de destino crítico en lo que a exposición a compuestos inorgánicos de mercurio se refiere. Puede que el efecto sea reversible, pero como la exposición de la población general tiende a ser continua, el efecto puede seguir siendo relevante.

Resumen de los niveles de efectos

59. Para poner en perspectiva el nivel de exposiciones al metilmercurio, la dosis de referencia (DdR) estimada por el Consejo Nacional de Investigación (*National Research Council, NRC, 2000*) de los Estados Unidos para el efecto perjudicial más comúnmente aceptado como no letal (efectos en el desarrollo neuronal) es de 58 microgramos por litro ($\mu\text{g}/\text{l}$) de mercurio total en sangre del cordón umbilical (o de 10 microgramos por gramo ($\mu\text{g}/\text{g}$) de mercurio total en el pelo de la madre), según datos del estudio de las Islas Faroe sobre exposiciones de seres humanos al mercurio (Grandjean *et al*, 1997). Este valor de DdR es el límite inferior de confianza, de 95%, para el nivel de exposición que hace que se duplique una prevalencia de 5% en la disfunción neurológica (retrasos en el desarrollo de la atención, memoria verbal y lenguaje) en niños expuestos in-utero según el estudio de las Islas Faroe. Éstos son los niveles en tejidos que se estimaron a partir de una ingesta diaria promedio de aproximadamente 1 μg de metilmercurio por kilogramo de peso corporal al día (1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal por día).

60. Se han detectado otros efectos perjudiciales en seres humanos, pero con menos fiabilidad o a exposiciones mucho mayores. En cuanto al metilmercurio, se han observado efectos en el sistema nervioso adulto, enfermedades cardiovasculares, en la incidencia de cáncer y en la genotoxicidad. Además, se han detectado efectos en la variabilidad del ritmo cardíaco en niños de siete años de edad con exposición prenatal así como en la mortalidad cardiovascular en adultos. En el caso del mercurio elemental y los compuestos inorgánicos de mercurio, se han observado los siguientes efectos: en la excreción de proteínas de bajo peso molecular, enzimas asociadas con el funcionamiento de la tiroides, en los índices de abortos espontáneos, genotoxicidad, sistema respiratorio, sistema (digestivo) gastrointestinal, hígado, sistema inmunológico y la piel.

Consideraciones relativas a la alimentación

61. En muchas partes del mundo, el pescado es un elemento importantísimo de la dieta humana, y proporciona nutrientes (proteínas y ácidos grasos omega-3, entre otros) difícilmente sustituibles. El mercurio representa una amenaza importante para esta alimentación. Ciertamente, en igualdad de demás factores, el pescado con niveles bajos de metilmercurio es intrínsecamente más saludable para los consumidores que el pescado con niveles más altos de metilmercurio.

62. Hay escasas pruebas de laboratorio que sugieren que algunos componentes dietarios pueden reducir (por ej., selenio, vitamina E, ácidos grasos omega-3) o incrementar (por ej., alcohol) la toxicidad del mercurio para algunos puntos de destino. Sin embargo, por ahora no se pueden extraer conclusiones de los datos existentes.

CAPÍTULO 4 - Exposición actual al mercurio y evaluaciones del riesgo para la salud humana

63. Como ya se ha mencionado, la población general está expuesta al metilmercurio principalmente por la dieta (en particular de pescado), y a los vapores de mercurio elemental por las amalgamas dentales. Puede haber otras contribuciones considerables a la ingesta de mercurio total vía aire y agua, según la carga local de contaminación por mercurio. Asimismo, el uso personal de cremas y jabones para aclarar la piel, el uso del mercurio para usos religiosos, culturales y rituales, la presencia de mercurio en algunos medicamentos tradicionales (por ejemplo en algunos remedios tradicionales de Asia) y el mercurio en hogares y lugares de trabajo pueden aumentar sustancialmente la exposición humana. Por ejemplo, ha habido incrementos en los niveles de mercurio en el aire de los hogares por filtraciones de mercurio de medidores de gas viejos, así como otros derrames. Además, se han observado niveles elevados de mercurio en ambientes de trabajo como, por ejemplo, en plantas de cloro-alkali, minas de mercurio, fábricas de termómetros, refinerías y clínicas dentales, así como en la minería y elaboración de oro extraído con mercurio. Otras exposiciones son ocasionadas por el uso de timerosal/tiomersal (tiosalicilato de etilmercurio) como conservador en algunas vacunas y otros productos farmacéuticos. Hoy en día, los impactos del mercurio relacionados con la contaminación local, la exposición en el trabajo, ciertas prácticas culturales y rituales y algunos medicamentos tradicionales pueden variar considerablemente de uno a otro país o región, y son notables en algunas regiones.

64. En este capítulo se ilustran las exposiciones al mercurio total y al metilmercurio, principalmente por dieta a base de pescado, pero también por otras fuentes, con datos de diversas partes del mundo: Suecia, Finlandia, Estados Unidos de Norteamérica, el Ártico, Japón, China, Indonesia, Papua Nueva Guinea, Tailandia, República de Corea, Filipinas, la cuenca del Amazonas y Guyana Francesa. Por ejemplo, en Estados Unidos, en un estudio de un grupo representativo de aproximadamente 1,700 mujeres (de 16 a 49 años), para los años 1999-2000, cerca del 8% de las mujeres tenía concentraciones de mercurio en sangre y pelo que rebasaban los niveles de la dosis de referencia de la *US EPA* (una estimación de dosis inocua). Como se muestra en el capítulo, los datos indican que, por lo regular, en Groenlandia, Japón y otras regiones las exposiciones son más elevadas que en los Estados Unidos.

65. En algunos de estos países y regiones, las deposiciones locales y regionales de mercurio han incidido durante años en los niveles de contaminación por mercurio, y durante las últimas décadas se han tomado medidas para reducir las emisiones nacionales. Sin embargo, las emisiones de mercurio se propagan a largas distancias, en la atmósfera y los océanos, lo que significa que incluso países con emisiones mínimas de mercurio y áreas alejadas de la intensa actividad humana pueden verse afectados. Por ejemplo, en las regiones árticas, tan alejadas de las fuentes importantes, se ha observado una exposición elevada al mercurio.

66. Algunos países y organismos internacionales han presentado datos sobre concentraciones de mercurio en peces. Además, en las publicaciones científicas se mencionan muchas investigaciones sobre niveles de mercurio en peces. El capítulo contiene un resumen de los datos presentados que ofrecen ejemplos de concentraciones de mercurio en peces de diversos lugares del mundo. Las concentraciones de mercurio en varias especies de peces van de 0.05 a 1.4 miligramos de mercurio por kilogramo de tejido de pez (mg/kg), dependiendo de factores como el pH y el potencial redox del agua, así como de la especie, edad y tamaño del pez. Como el mercurio se biomagnifica en la cadena alimentaria acuática, los peces que se encuentran más arriba de la cadena alimentaria (en un nivel trófico superior) suelen tener niveles mayores de mercurio. Por eso, los peces depredadores más grandes, como la caballa gigante, lucio, tiburón, sierra, lucioperca americana, barracuda, atún grande (que hay que distinguirlo del atún pequeño que se utiliza para conserva), pez espada y marlín, así como las focas y ballenas dentadas, contienen las concentraciones más altas. Los datos existentes indican que el mercurio está presente en todo el mundo (especialmente en peces) en concentraciones perjudiciales para los seres humanos y la flora y fauna silvestres. Tales niveles han ocasionado que en algunos países se formulen recomendaciones sobre el consumo de pescado y, en algunos casos, de mamíferos marinos, para que la población, sobre todo los subgrupos vulnerables (como mujeres embarazadas y niños pequeños) reduzca o evite el consumo de ciertos tipos de pescado provenientes de distintas aguas. No es probable que el consumo moderado de pescado (con niveles bajos de mercurio) ocasione exposiciones de consideración. En cambio, la población que consume grandes cantidades de pescados o mamíferos marinos contaminados puede quedar muy expuesta al mercurio y, por consiguiente, se encuentra en riesgo.

CAPÍTULO 5 – Efectos del mercurio en el medio ambiente

Acumulación de mercurio en las redes alimentarias

67. Un factor muy importante de los efectos del mercurio en el medio ambiente es su capacidad para acumularse en organismos y ascender por la cadena alimentaria. Hasta cierto punto, todas las formas de mercurio pueden llegar a acumularse, pero el metilmercurio se absorbe y acumula más que otras formas. El mercurio inorgánico también puede ser absorbido pero por lo general en menores cantidades y con menor eficiencia que el metilmercurio. La biomagnificación del mercurio es lo que más incide en los efectos para animales y seres humanos. Al parecer, los peces adhieren con fuerza el metilmercurio; casi el 100% del mercurio que se bioacumula en peces depredadores es metilmercurio. La mayor parte del metilmercurio en tejidos de peces forma enlaces covalentes con grupos sulfhidrido proteínico, con lo que la vida media de eliminación resulta larga (aproximadamente de dos años). Como consecuencia, se genera un enriquecimiento selectivo de metilmercurio (en comparación con el mercurio inorgánico) cuando se pasa de un nivel trófico al siguiente nivel trófico superior.

Bioacumulación y biomagnificación

El término **bioacumulación** significa la acumulación neta en un organismo de metales provenientes de fuentes bióticas (otros organismos) o abióticas (suelo, aire y agua).

El término **biomagnificación** significa la acumulación progresiva de ciertos metales pesados (y otras sustancias persistentes) de uno a otro nivel trófico sucesivo. Está relacionada con el coeficiente de concentración en los tejidos de un organismo depredador en comparación con el de su presa (AMAP, 1998).

68. En comparación con otros compuestos de mercurio, la eliminación del metilmercurio en peces es muy lenta. En concentraciones ambientales constantes, las concentraciones de mercurio en peces de determinada especie tienden a aumentar con la edad, como consecuencia de la lenta eliminación del metilmercurio y una mayor ingesta debido a los desplazamientos en los niveles tróficos que suele haber a medida que el pez va creciendo (come cada vez más peces, y las presas son más grandes). Por eso, es común que los peces más viejos tengan en sus tejidos concentraciones de mercurio más altas que los peces más jóvenes de la misma especie.

69. Las concentraciones más bajas de mercurio se encuentran en peces pequeños no depredadores y pueden aumentar varias veces conforme se asciende en la cadena alimentaria. Además de la concentración en alimentos, existen otros factores que inciden en la bioacumulación del mercurio. Son de capital importancia los índices de metilación y desmetilación por efecto de las bacterias metiladoras de mercurio (ej., reductores de sulfato). Cuando todos estos factores se combinan, el índice de metilación neta puede influir mucho en la cantidad de metilmercurio que se produce y que puede ser acumulado y retenido por organismos acuáticos. Como se describe en el capítulo 2, varios parámetros del entorno acuático inciden en la metilación del mercurio y, por ende, en su biomagnificación. Aunque en general se sabe mucho sobre la bioacumulación y biomagnificación del mercurio, se trata de un proceso muy complejo en el que participan ciclos biogeoquímicos e interacciones ecológicas complicadas. Por consiguiente, aunque pueda observarse la acumulación/ biomagnificación, no es fácil predecir el grado de biomagnificación del mercurio en peces de diferentes sitios.

70. En los niveles superiores de la cadena alimentaria acuática se encuentran las especies piscívoras, como los seres humanos, aves marinas, focas y nutrias. Las especies silvestres más grandes (como águilas y focas) se alimentan de peces que también son depredadores, como la trucha y salmón, mientras que las especies piscívoras más pequeñas (como el martín pescador) tienden a alimentarse de peces forraje más pequeños. En Wisconsin, en un estudio sobre animales de pelaje, las especies con el nivel de mercurio más alto en tejidos resultaron ser la nutria y el visón, depredadores mamíferos del nivel superior de la cadena alimentaria acuática. Entre las aves depredadoras del nivel superior de la cadena alimentaria acuática están las aves de rapiña como el águila pescadora y el águila cabeza blanca. Así, pues, el mercurio se transfiere y acumula de uno a otro nivel de la cadena alimentaria (US EPA, 1997). Las cadenas alimentarias acuáticas suelen tener más niveles que las terrestres, en las que los depredadores de especies silvestres rara vez se alimentan unos de otros y, por lo tanto, la biomagnificación acuática generalmente alcanza valores mayores.

Compuestos de mercurio tóxicos para la vida silvestre

71. El metilmercurio es una toxina que ataca el sistema nervioso central, y los riñones son los órganos más vulnerables ante el mercurio inorgánico. En el conocido caso de Minamata, Japón, ya se observaban efectos neurológicos graves en animales antes de haber reconocido el envenenamiento de personas: las aves experimentaban muchas dificultades para volar, y presentaban otras conductas muy anormales. También se atribuyen al mercurio efectos significativos en la reproducción, y el metilmercurio representa un riesgo especial para los fetos en desarrollo pues penetra con facilidad la barrera placentaria y puede dañar el sistema nervioso en desarrollo.

72. En las aves, los efectos perjudiciales del mercurio en la reproducción pueden darse incluso en concentraciones que no pasan de 0.05 a 2.0 mg/kg (peso húmedo) en huevos. Los huevos de ciertas especies canadienses ya se encuentran dentro de este registro, y hay concentraciones en los huevos de otras especies canadienses que siguen aumentando y se acercan a estos niveles.

73. Durante los últimos 25 años se han duplicado e incluso cuadruplicado los niveles de mercurio en focas anilladas y belugas de algunas áreas del Ártico canadiense y Groenlandia. En aguas más cálidas los mamíferos marinos depredadores también pueden estar en riesgo. Un estudio de la población de delfines jorobados en Hong Kong determinó que el mercurio es un peligro particular para la salud, más que otros metales pesados.

Ecosistemas vulnerables

74. Hay estudios recientes que sugieren que el mercurio ocasiona una reducción de la actividad microbiológica vital para la cadena alimentaria terrestre en suelos de grandes partes de Europa –y posiblemente de muchos otros lugares del mundo con características edafológicas similares. A fin de prevenir los efectos ecológicos del mercurio en suelos orgánicos se han establecido límites críticos preliminares de 0.07-0.3 mg/kg de contenido de mercurio total en el suelo.

75. En el ámbito mundial, la región del Ártico ha atraído recientemente la atención debido al transporte a largas distancias del mercurio. Sin embargo, los efectos del mercurio no son en absoluto exclusivos de la región Ártica. Las mismas características en la cadena alimentaria –así como una dependencia similar de una fuente de alimentación contaminada por mercurio– se observan en ciertos ecosistemas y comunidades humanas de muchas partes del mundo, sobre todo en lugares en los que el pescado es fuente principal de alimentación.

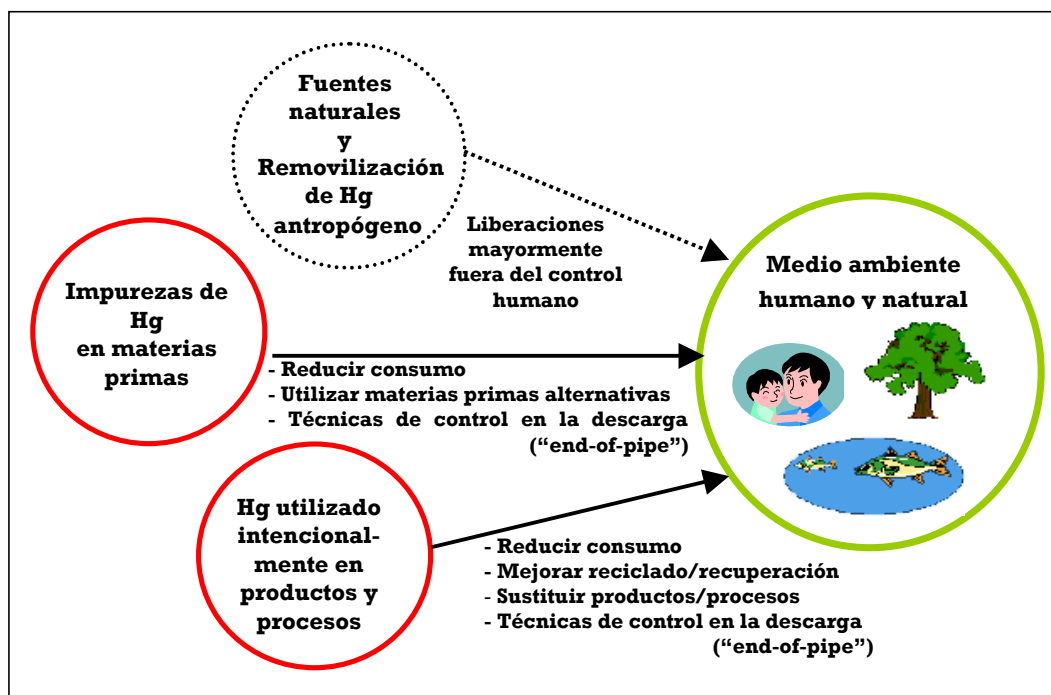
76. El aumento en los niveles de agua asociados con el cambio climático mundial también podría tener efectos en la metilación del mercurio y su acumulación en peces. Por ejemplo, existen indicios de una mayor formación de metilmercurio en lagos pequeños y cálidos y en muchas áreas recién inundadas.

CAPÍTULO 6 – Fuentes y circulación del mercurio en el medio ambiente mundial

77. Las liberaciones de mercurio en la biosfera pueden agruparse en cuatro categorías:

- Fuentes naturales – liberaciones originadas por la movilización natural del mercurio generado de forma natural en la corteza terrestre, por actividad volcánica o por erosión de las rocas;
- Liberaciones antropógenas (asociadas con la actividad humana) actuales debidas a la movilización de impurezas de mercurio en materias primas como los combustibles fósiles –en particular carbón y, en menor grado, el gas y el petróleo– y otros minerales extraídos, tratados y reciclados;
- Liberaciones antropógenas actuales generadas por el mercurio utilizado intencionalmente en productos y procesos, causadas por liberaciones durante la producción, fugas, eliminación o incineración de productos de desecho u otras liberaciones;
- Removilización de liberaciones antropógenas pasadas depositadas en suelos, sedimentos, aguas, vertederos y pilas de desechos/residuos.

78. La siguiente imagen muestra estas categorías de liberaciones con los principales tipos de posibles mecanismos de control.



79. Los receptores de las liberaciones de mercurio en el medio ambiente son la atmósfera, el agua (medios acuáticos), y los suelos (medios terrestres). Existen interacciones constantes - flujos de mercurio - entre estos compartimientos medioambientales. La especiación - forma química - del mercurio liberado varía según los tipos de fuente y otros factores, lo que influye también en las repercusiones en la salud de seres humanos y el medio ambiente puesto que la toxicidad varía según las especies de mercurio.

80. Por lo que sabemos del ciclo global del mercurio, las liberaciones actuales se agregan al fondo global de mercurio en la biosfera - mercurio en constante movilización, depositado en superficies terrestres y acuáticas y removilizado. Siendo un elemento, el mercurio es persistente - no puede descomponerse en sustancias menos tóxicas en el medio ambiente. Los únicos depósitos de largo plazo para eliminación del mercurio de la biosfera son los sedimentos del fondo del mar y, hasta cierto punto, los vertederos controlados, cuando el mercurio está fisicoquímicamente inmovilizado y permanece sin alteración frente a la actividad antropógena o natural (climática y geológica). Esto también significa que, aunque las liberaciones antropógenas de mercurio se vayan eliminando, la reducción de algunas concentraciones de mercurio - y las correspondientes mejoras ambientales- no será sino muy lenta, seguramente de varias décadas. Sin embargo, puede haber mejoras más rápidas en lugares determinados o en regiones afectadas sobre todo por fuentes locales o regionales.

Liberaciones locales – efectos mundiales

81. Los orígenes de la deposición atmosférica de mercurio (flujo de mercurio de la atmósfera a la tierra y los océanos) son locales y regionales así como hemisféricos o mundiales. Varios estudios significativos confirman la conclusión de que, además de las fuentes locales (plantas de cloro-alcali, combustión de carbón e incineración de desechos), la concentración de fondo de mercurio en la atmósfera global contribuye enormemente a la carga de mercurio en la mayor parte de las regiones. Asimismo, prácticamente cualquier fuente local contribuye a la concentración de fondo -depósito global de mercurio en la biosfera - que está constituida principalmente por liberaciones antropógenas acumuladas durante décadas. Las corrientes oceánicas también son vías de transporte del mercurio a largas distancias, y los océanos son importantes depósitos dinámicos de mercurio en el ciclo global.

82. La mayoría de las liberaciones antropógenas atmosféricas son emitidas como mercurio elemental gaseoso, que puede desplazarse a largas distancias con las masas de aire. El resto de las emisiones atmosféricas son compuestos divalentes gaseosos (por ejemplo HgCl_2) o están unidos a partículas presentes en el gas de emisión. Estas especies tienen una vida atmosférica más corta que la del vapor elemental y se

depositarán por procesos húmedos o secos en un radio de 100 a 1000 kilómetros. No obstante, durante el transporte atmosférico puede darse mucha actividad de conversión entre especies de mercurio, lo que determinará la distancia de su desplazamiento.

83. El tiempo de permanencia del mercurio elemental en la atmósfera puede ser de unos meses hasta aproximadamente un año. Esto permite el transporte a escala hemisférica y, por eso, las emisiones en determinado continente pueden contribuir a la deposición en otros continentes. Por ejemplo, según la modelación del transporte intercontinental del mercurio realizada por EMEP/MSC-E (Travnikov y Ryaboshapko, 2002), hasta 50% del mercurio antropógeno depositado en América del Norte proviene de fuentes externas. Asimismo, se ha calculado que las contribuciones de fuentes externas a las deposiciones de mercurio antropógeno en Europa y Asia son de aproximadamente 20% y 15%, respectivamente.

84. Además, y como ya se ha mencionado, las fuentes acuáticas y terrestres pueden reemitir mercurio. Este proceso amplía enormemente el tiempo general de permanencia del mercurio en el medio ambiente. Las investigaciones recientes de Lindberg *et al.* (2001) muestran índices de reemisión de aproximadamente 20% durante un periodo de dos años, según mediciones de isótopos estables de mercurio en el noroeste de Ontario, Canadá.

Fuentes antropógenas de liberaciones de mercurio

85. Una gran parte del mercurio que ahora está presente en la atmósfera es producto de muchos años de liberaciones provenientes de actividades antropógenas. Es difícil estimar el componente natural de la carga total atmosférica, pero un estudio reciente (Munthe *et al.*, 2001) sugiere que las actividades antropógenas han multiplicado los niveles generales de mercurio en la atmósfera aproximadamente por un factor de 3.

86. Aunque algunas emisiones naturales de mercurio provienen de la corteza terrestre, las fuentes antropógenas son las que más mercurio contribuyen a la atmósfera, el agua y el suelo.

Ejemplos de fuentes importantes de liberaciones antropógenas de mercurio

Liberaciones por la movilización de impurezas de mercurio:

- Producción de energía y calor alimentada por carbón (la fuente más grande de emisiones atmosféricas)
- Producción de energía a base de otros combustibles fósiles de carbón
- Producción de cemento (mercurio en cal)
- Minería y otras actividades metalúrgicas que comprenden la extracción y elaboración de materiales minerales vírgenes y reciclados, por ejemplo, la producción de:
 - hierro y acero
 - ferromanganeso
 - zinc
 - oro
 - otros metales no ferrosos

Liberaciones de la extracción y el uso intencional del mercurio:

- Minería del mercurio
- Minería del oro y la plata en pequeña escala (proceso de amalgamación)
- Producción cloroalcalina
- Uso de lámparas fluorescentes, diversos instrumentos y amalgamas dentales
- Fabricación de productos que contienen mercurio, por ejemplo:
 - termómetros
 - manómetros y otros instrumentos
 - interruptores eléctricos y electrónicos

Liberaciones del tratamiento de desechos, cremaciones, etc. (provenientes tanto de impurezas como de usos intencionales del mercurio):

- Incineración de desechos (municipales, médicos y peligrosos)
- Vertederos de basuras
- Cremaciones
- Cementerios (liberaciones al suelo)

87. Existen considerables incertidumbres en los inventarios de liberaciones existentes, no sólo por fuentes sino por país. En la siguiente tabla se presentan las mejores estimaciones existentes sobre emisiones de mercurio en la atmósfera que provienen de diversas fuentes.

*Tabla Estimaciones de liberaciones atmosféricas globales de mercurio emitidas por distintas fuentes antropógenas importantes en 1995 (toneladas métricas/año). No se consideran las liberaciones a otros medios. *1.*

Continente	Combustión estacionaria	Producción de metales no ferrosos *5	Producción de hierro y acero en lingotes	Producción de cemento	Eliminación de desechos *2	Extracción artesanal de oro *4	Suma, fuentes contabilizadas *3
Europa	186	15	10	26	12		250
África	197	7.9	0.5	5.2			210
Asia	860	87	12	82	33		1070
América del Norte	105	25	4.6	13	66		210
América del Sur	27	25	1.4	5.5			60
Australia y Oceanía	100	4.4	0.3	0.8	0.1		100
Suma, fuentes contabilizadas, 1995 *3,4	1470	170	30	130	110	300	1900 +300
Referencias:	Pirrone <i>et al.</i> , (2001)	Pirrone <i>et al.</i> , (2001)	Pirrone <i>et al.</i> , (2001)	Pirrone <i>et al.</i> , (2001)	Pirrone <i>et al.</i> , (2001)	Lacerda (1997)	

- 1 En esta tabla no se incluyen liberaciones en medios acuáticos y terrestres –ni liberaciones atmosféricas de algunas otras fuentes- porque no existen estimaciones globales recientes. Ver en el Capítulo 6 una explicación de este tema.
- 2 Los autores del inventario consideran que estos valores están subestimados. Ver notas de la tabla 6.10.
- 3 Representa el total de las fuentes mencionadas en esta tabla y no todas las fuentes conocidas. Las cantidades han sido redondeadas y, por eso, puede que las sumas no cuadren con exactitud.
- 4 Las emisiones estimadas de la extracción artesanal del oro se refieren a la situación de finales de los años 1980 a principios de los años 1990. Una referencia más reciente (MMSD, 2002) indica que el consumo de mercurio relacionado con la extracción artesanal del oro –y por lo tanto muy probablemente también las liberaciones de mercurio- pueden ser incluso superior al que aquí se presenta.
- 5 Producción de metales no ferrosos, como mercurio, zinc, oro, plomo, cobre, níquel, que liberan mercurio.

88. Las emisiones de la combustión estacionaria de combustibles fósiles (sobre todo de carbón) y la incineración de materiales de desecho constituyen aproximadamente 70% de las emisiones atmosféricas totales contabilizadas de fuentes antropógenas importantes. Como el uso de combustibles fósiles está incrementando para poder satisfacer la creciente demanda de energía tanto de países desarrollados como en desarrollo, cabe esperar que las emisiones de mercurio aumenten, no habiendo las tecnologías de control ni fuentes energéticas sustitutas. Se han desarrollado tecnologías de control para las centrales y las incineradoras de desechos que operan a base de carbón con el propósito primordial de atacar las sustancias acidificantes (principalmente SO₂ y NO_x), y materia particulada (MP). Estas tecnologías existentes pueden proporcionar cierto control de mercurio pero, desde una perspectiva mundial, por ahora no logran sino una pequeña reducción de mercurio de tales fuentes. Muchas tecnologías de control son considerablemente menos efectivas en la reducción de emisiones de mercurio elemental en relación con las otras formas. Se están desarrollando y poniendo a prueba mejores tecnologías para el control del mercurio, pero todavía no son comerciales.

89. Se considera que las estimaciones globales existentes sobre emisiones atmosféricas de la incineración de desechos así como otras liberaciones generadas por los usos intencionales del mercurio en procesos y productos están subestimadas y que, hasta cierto punto, son incompletas. No obstante, durante las últimas dos décadas, la producción registrada de mercurio virgen ha pasado de unas 6000 a 2000 toneladas métricas por año y, por consiguiente, puede que también se estén reduciendo las liberaciones correspondientes a la extracción y el uso de mercurio.

90. Gracias a los esfuerzos de reducción, en América y Europa se han reducido las emisiones antropógenas de algunas fuentes importantes. Además, en algunos países desarrollados se han reducido las emisiones antropógenas totales en el aire durante la última década. Por ejemplo, en Canadá las emisiones se redujeron de 33 a 6 toneladas métricas entre 1990 y 2000.

Fuentes naturales de liberaciones de mercurio

91. Algunas de las fuentes naturales son los volcanes, la evaporación de superficies terrestres y acuáticas, la degradación de minerales y los incendios forestales. Las emisiones naturales de mercurio están fuera de nuestro control y deben considerarse como parte de nuestro entorno vital a escala local y mundial. Con todo, es necesario no perder de vista estas fuentes, pues contribuyen a los niveles ambientales de mercurio. En algunas partes del mundo las concentraciones de mercurio en la corteza terrestre se elevan de manera natural, y contribuyen a elevar las concentraciones locales y regionales de mercurio en esas áreas.

92. Las emisiones actuales de mercurio de superficies terrestres y acuáticas se componen de fuentes naturales y de la reemisión de deposiciones anteriores de mercurio tanto de fuentes antropógenas como naturales. Esto dificulta la estimación de las emisiones naturales de mercurio reales.

93. Las estimaciones de las emisiones de mercurio naturales en comparación con las antropógenas que se han publicado muestran una variación importante, aunque los estudios más recientes han subrayado la importancia de las contribuciones de la actividad humana. Se están realizando esfuerzos para medir directamente las emisiones naturales. Sea como fuere, la información existente indica que las fuentes naturales representan menos del 50% de las liberaciones totales.

94. En general, en todo el planeta hay indicios de que las emisiones antropógenas de mercurio han generado índices de deposición actuales entre 1.5 y 3 veces mayores a los existentes en la época preindustrial. Dentro de las áreas industriales y en sus inmediaciones los índices de deposición han aumentado de 2 a 10 veces durante los últimos 200 años.

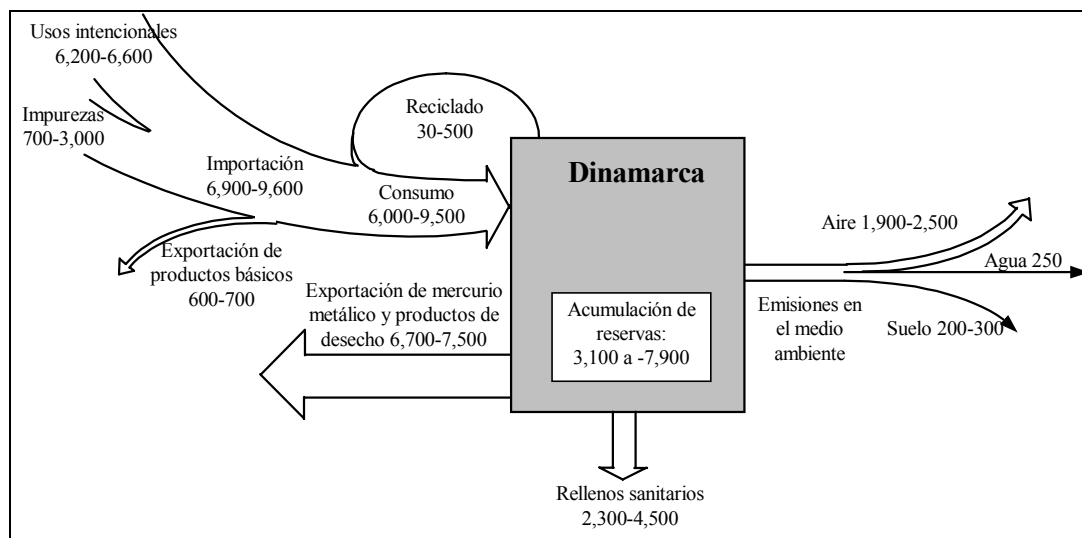
La importancia de los usos intencionales en comparación con las impurezas en materiales de gran volumen

95. Respecto a las liberaciones antropógenas, la importancia relativa de los usos intencionales en comparación con la movilización de impurezas de mercurio varía según el país o la región, y sobre todo por los siguientes factores:

- Grado de sustitución de usos intencionales (productos y procesos)
- Dependencia de los combustibles fósiles, sobre todo del carbón, para la generación de energía, y existencia de controles para otros contaminantes, que también reducen las emisiones de mercurio
- Importancia de la minería y de la industria de extracción de minerales
- Patrón de eliminación de desechos –incineración/rellenos sanitarios
- Estado de la aplicación de tecnologías para el control de liberaciones en la generación de energía, incineración de desechos y diversos procesos industriales

96. En varios países la contribución estimada de los usos intencionales se sitúa entre 10 y 80% del total de las emisiones nacionales en el aire, según la incidencia de los factores antes mencionados. En el capítulo se muestran estimaciones aproximadas de distribución según los principales tipos de fuentes antropógenas en cada país.

97. A manera de ejemplo, he aquí una imagen que muestra el movimiento general del mercurio en la sociedad danesa en 1992/93, en kilogramos de mercurio/año (según Maag *et al.*, 1996). (Obsérvese que no hay equilibrio entre entradas y salidas porque las salidas reflejan entradas más elevadas de años anteriores. El cambio neto en reservas fue negativo.)



98. Dinamarca es un país bastante pequeño, con una vigilancia relativamente precisa de los flujos de productos y desechos en la economía y el medio ambiente. Por eso se han podido elaborar balances bastante detallados, mejor conocidos como evaluaciones de flujo de sustancias, para el caso del mercurio, que proporcionan información útil sobre la contribución de los diversos sectores a la carga total de mercurio en la sociedad y el medio ambiente. Como se muestra en la imagen, la mayor parte de la contribución –más de dos terceras partes– proviene de usos intencionales (producción y productos cloroalcalinos), y las contribuciones de usos intencionales a las liberaciones en el aire en 1992/93 podrían representar aproximadamente entre 50 y 80% de las liberaciones totales en la atmósfera desde Dinamarca. Hay que señalar que en Dinamarca la extracción y procesamiento de mineral primario no es un sector tan amplio como en otros países.

99. En este capítulo se dan ejemplos de distribución nacional de liberaciones antropógenas de mercurio provenientes de diversos tipos de fuente. Estas fuentes pueden ser significativas en países en que se conoce la minería del mercurio o los usos intencionales de mercurio para la extracción de oro a pequeña escala.

CAPÍTULO 7 – Producción y uso actuales de mercurio

Origen del mercurio

100. El mercurio es un elemento natural de la tierra, presente en la corteza terrestre a razón promedio de 0.05 mg/kg, con significativas variaciones locales. Los minerales de mercurio que se suelen extraer contienen cerca de 1% de mercurio, aunque los estratos que se explotan en España contienen generalmente hasta 12 o 14% de mercurio. A pesar de que 25% de los principales minerales de mercurio son conocidos, prácticamente los únicos depósitos que han sido explotados para la extracción de mercurio son los de cinabrio. En la biosfera también hay mercurio a niveles muy bajos. La absorción de mercurio por parte de las plantas puede explicar la presencia de mercurio en combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas, pues se considera que estos combustibles se han formado a partir de la transformación geológica de residuos orgánicos.

Fuentes de mercurio para el mercado

101. El mercurio ofrecido en el mercado mundial se obtiene de diversas fuentes, entre ellas (sin que el orden indique jerarquía):

- Producción minera de mercurio primario (es decir, extraído de minerales de la corteza terrestre):
 - como producto principal de la actividad minera,
 - o como subproducto de la extracción o refinamiento de otros metales (zinc, oro, plata) o minerales;

- Mercurio primario recuperado al refinar gas natural (se comercializa como subproducto, pero no se comercializa en todos los países);
- Reprocesamiento o minería secundaria de residuos mineros antiguos que contienen mercurio;
- Mercurio reciclado, recuperado de productos usados y desechos de procesos de producción industrial. Quedan grandes cantidades (“depósitos”) de mercurio “almacenados” dentro de productos que aún se usan o que están “en los estantes de los usuarios”;
- Mercurio de las reservas, o inventarios, gubernamentales;
- Reservas privadas (como el mercurio para la industria cloroalcalina). Quizás parte de estas reservas regresen al mercado posteriormente.

102. La minería y demás operaciones de extracción mineral de mercurio primario constituyen la movilización humana del mercurio para uso intencional en productos y procesos. El mercurio reciclado y el mercurio en reservas puede considerarse como removilización antropógena de mercurio extraído anteriormente de la tierra.

Extracción continua de mercurio primario

103. A pesar de la reducción de consumo mundial de mercurio (la demanda global es menos de la mitad de lo que era en 1980), de la competencia en la oferta y los bajos precios, en algunos países se sigue produciendo mercurio por extracción. En los últimos años, España, China, Kirguistán y Argelia han dominado esta actividad, y muchas de las minas son propiedad nacional. A continuación se presenta una tabla con información sobre la producción primaria mundial de mercurio registrada desde 1981. También existe minería artesanal de mercurio, de pequeña escala, en China, Rusia (Siberia), Mongolia Exterior, Perú y México. Es probable que esta producción satisfaga una sólida demanda local de mercurio, generalmente para la minería artesanal de oro – lícita o ilícita. Para que haya tal producción de mercurio pese a la oferta de mercurio barato en el mercado mundial es preciso que exista mineral de mercurio accesible y mano de obra barata.

Periodo	1981-1985	1986-1989	1990-1995	1996	1997	1998	1999	2000
Producción primaria global registrada (en toneladas métricas)	5500-7100	4900-6700	3300-6100	2600-2800	2500-2900	2000-2800	2100-2200	1800

Fuentes: Ver sección 7.2.1.

Pueden comercializarse grandes cantidades de mercurio reciclado

104. Han estado llegando al mercado grandes cantidades de mercurio como consecuencia de la sustitución y suspensión de la producción cloroalcalina a base de mercurio en Europa y otras regiones. Los análisis de mercado indican que desde mediados de los años 1990 se han comercializado a escala mundial entre 700 y 900 toneladas métricas de mercurio reciclado por año (lo que corresponde a aprox. 30% de la producción primaria registrada), y la mayor parte proviene de plantas de producción cloroalcalina. Sin embargo, en la medida en que siga habiendo una demanda lícita de mercurio, su reutilización y reciclado reemplaza la extracción y fundición de mercurio virgen, que implicaría liberaciones adicionales y ocasionaría la movilización de mercurio nuevo en el mercado y en el medio ambiente.

105. La preferencia por la reutilización y el reciclado de mercurio con respecto a la extracción – especialmente en el contexto de la introducción de grandes cantidades de mercurio en el mercado– se ve complicada por la regla económica general de que una oferta **excedentaria** de mercurio abarata los precios en el mercado, lo que a su vez propicia más uso y más desecho de mercurio. Por eso se están adoptando ciertas precauciones, como se describe a continuación.

106. A partir de esta década crecerá enormemente la disponibilidad de mercurio por la conversión o clausura de plantas de cloro-alcali que todavía lo utilizan en sus procesos, ya que muchos países europeos están promoviendo su eliminación paulatina de aquí a 2010. Tan sólo la Unión Europea podría introducir hasta 13,000 toneladas métricas de mercurio adicional en el mercado (lo que equivale a unos 6-12 años de producción de mercurio primario). Como respuesta a esta avalancha potencial de mercurio, Euro Chlor,

que representa la industria cloroalcalina en Europa, ha firmado un acuerdo contractual con Minas de Almadén en España. El acuerdo estipula que Minas de Almadén comprará el excedente de las plantas de cloro-alcali de Europa occidental y lo colocará en el mercado, sustituyendo al mercurio que de otra forma Almadén habría extraído. En virtud de este acuerdo, todos los miembros de Euro Chlor de la UE venderán el excedente de mercurio a Almadén, y Euro Chlor considera que la mayoría de los productores de cloro de Europa central y oriental se comprometerán igualmente. Aunque el acuerdo constituye sin duda un esfuerzo de todas las partes para solucionar de forma responsable el problema del exceso de mercurio, hay quienes consideran que aún no existen controles adecuados para saber dónde se venderá y cómo se utilizará este mercurio.

107. Asimismo, grandes reservas de mercurio que guardan algunos gobiernos ya no son necesarias, y pueden ser objeto de venta ulterior en el mercado mundial, si las autoridades nacionales correspondientes lo autorizan. Esto sucede, por ejemplo, en los Estados Unidos, que tiene en inventario 4,435 toneladas métricas de mercurio. La venta de este mercurio fue suspendida en 1994, en espera de una determinación sobre su posible impacto en el medio ambiente y en el mercado. Sin embargo, antes de ello, la venta de algunas de estas reservas contribuyó significativamente al abastecimiento de mercurio en el mercado nacional estadounidense, y también se exportó. Las ventas del gobierno estadounidense representaron entre 18 y 97% de la demanda nacional de mercurio en el periodo 1990-94 (US EPA, 1997; Maxson y Vonkeman, 1996).

Usos del mercurio

108. Fascinante por ser el único metal líquido, el mercurio se conoce desde hace miles de años, y se utiliza en un gran número de productos y procesos que aprovechan sus singulares características. El mercurio es un excelente material para muchas aplicaciones porque es líquido a temperatura ambiente, es un buen conductor eléctrico, tiene densidad muy alta y alta tensión superficial, se expande/contrae uniformemente en toda su gama líquida respondiendo a cambios de presión y temperatura, y es tóxico para los microorganismos (incluso los organismos patógenos) y otras plagas.

109. Antiguamente se utilizaban bastante algunos compuestos orgánicos de mercurio, por ejemplo, en plaguicidas (sobre todo en el tratamiento de semillas) y biocidas, en algunas pinturas, productos farmacéuticos y cosméticos. Aunque muchos de estos usos se han reducido en algunas partes del mundo, los compuestos orgánicos de mercurio siguen utilizándose para diversos fines. Como ejemplo, tenemos en algunos países los tratamientos de semillas a base de compuestos de mercurio, el uso de dimetilmercurio en pequeñas cantidades como patrón de referencia para algunos análisis químicos, y del timerosal (que contiene etilmercurio), que se utiliza como conservador en algunas vacunas y otros productos médicos y cosméticos desde los años 1930. Al haber cada vez más conciencia de los posibles efectos perjudiciales del mercurio en la salud y el medio ambiente, el número de usos (de mercurio orgánico e inorgánico) así como la cantidad de mercurio utilizado han disminuido sustancialmente en muchos de los países industrializados, sobre todo durante las últimas dos décadas.

Ejemplos de usos de mercurio

Como metal (entre otros):

- para extracción de oro y plata (durante siglos)
- como catalizador en la industria cloroalcalina
- en manómetros para medir y controlar la presión
- en termómetros
- en interruptores eléctricos y electrónicos
- en lámparas fluorescentes
- en las amalgamas dentales

Ejemplos de usos de mercurio

Como compuestos químicos (entre otros):

- en baterías (como dióxido)
- biocidas en la industria del papel, pinturas o en semillas
- como antiséptico en productos farmacéuticos
- reactivos para análisis de laboratorio
- catalizadores
- pigmentos y colorantes (quizás uso muy antiguo)
- detergentes (quizás uso muy antiguo)
- explosivos (quizás uso muy antiguo)

110. No obstante, muchos de los usos eliminados en los países de la OCDE siguen vigentes en otras partes del mundo. Hay países en que algunos de estos usos se han prohibido o restringido rigurosamente dado sus efectos perjudiciales en los seres humanos y el medio ambiente.

111. Además, aunque se tenga una idea general de la producción y uso del mercurio en todo el mundo, es de vital importancia comprender mucho mejor los mercados y flujos mundiales del mercurio para poder evaluar la demanda, establecer las medidas adecuadas de prevención y reducción de la contaminación y vigilar los avances hacia el logro de objetivos específicos.

CAPÍTULO 8 – Tecnologías y prácticas de prevención y control

112. Como se expone en el capítulo 6, las fuentes de liberaciones de mercurio en la biosfera pueden agruparse en cuatro categorías principales. Dos de estas categorías (las liberaciones debido a la movilización natural del mercurio y la removilización de mercurio antropógeno depositado antiguamente en suelos, sedimentos y masas de agua) no se conocen del todo y están en gran medida fuera del control humano.

113. Las otras dos son liberaciones antropógenas actuales de mercurio. Reducir o eliminar estas liberaciones puede requerir:

- Inversiones para el control de las liberaciones derivadas de materiales básicos y materias primas contaminados con mercurio y sustitución de su uso, pues constituyen la fuente principal de liberaciones de mercurio de usos “no intencionales”.
- Reducir o eliminar el uso de mercurio en productos y procesos, fuente principal de liberaciones del uso “intencional” de mercurio.

114. Los métodos específicos para controlar las liberaciones de mercurio de estas fuentes varían mucho, según sean las circunstancias locales, pero pueden agruparse en cuatro categorías:

- A. Reducción de la extracción y consumo de mercurio en materias primas y productos que originan liberaciones de mercurio;
- B. Sustitución o eliminación de productos, procesos y prácticas que contienen o utilizan mercurio;
- C. Control de las liberaciones de mercurio mediante técnicas de control de fin de ciclo (“end-of-pipe”);
- D. Gestión de desechos de mercurio.

115. Las dos primeras son medidas “preventivas” –evitan algunos usos o liberaciones de mercurio. Las otras dos son medidas “de control”, que reducen (o retrasan) algunas liberaciones antes de que lleguen al medio ambiente. Dentro de estas categorías muy generales se encuentra un gran número de técnicas y estrategias particulares para reducir las liberaciones de mercurio y exposiciones al mismo. Su aplicación en los diversos países depende de las prioridades gubernamentales y locales, información y sensibilización

sobre posibles riesgos, marco jurídico, ejecución de la legislación, costos de instrumentación, beneficios percibidos y otros factores.

A. Reducción del consumo de materias primas y productos que generan liberaciones de mercurio

116. Reducir el consumo de materias primas y productos que generan liberaciones de mercurio es una medida preventiva que se aplica sobre todo a productos y procesos a base de mercurio, pero que también puede derivarse de un incremento de eficiencia en el uso de materias primas o de combustibles para la generación de energía. Este grupo de medidas podría implicar la elección de otra materia prima, como el gas natural para la generación de energía en lugar de carbón, o quizás utilizar un tipo de carbón con determinada característica (por ejemplo, más cloro) ya que las emisiones de mercurio derivadas de la combustión de este tipo de carbón podrían controlarse más fácilmente que las de otros tipos.

117. Otra posible medida en algunas regiones es el uso de carbón con una menor concentración de mercurio (las concentraciones de mercurio parecen variar considerablemente en algunas regiones según el origen de las materias primas). Sin embargo, este método presenta ciertas limitaciones y posibles problemas. Por ejemplo, como sucede con las plantas eléctricas, que prefieren el petróleo crudo bajo en azufre, es probable que haya plantas que estén dispuestas a pagar más por carbón bajo en mercurio, con lo que disminuye el valor de mercado de todo el carbón alto en mercurio, lo que a su vez puede generar un consumo mayor de ese tipo de carbón en regiones en las que los controles de emisiones para esas plantas son menos rigurosos. Además, los datos recopilados recientemente en los EU indican que el abastecimiento de carbón en ese país no varía significativamente en cuanto a contenido de mercurio.

118. Con todo, estas medidas preventivas cuya finalidad es reducir las emisiones de mercurio son, por lo regular, rentables, salvo en los casos en que el precio de alguna materia prima alternativa sea considerablemente mayor o cuando otros problemas obstaculicen este método.

B. Substitución de productos y procesos a base de mercurio

119. Sustituir productos que contienen mercurio y procesos que lo utilizan con productos y procesos sin mercurio puede ser una de las medidas preventivas que más pueden influir en todo el flujo del mercurio en la economía y el medio ambiente. Puede reducir sustancialmente el mercurio en los hogares (y reducir liberaciones accidentales, por ejemplo, cuando se rompe un termómetro), el medio ambiente, flujo de desechos, emisiones de incineradores y rellenos sanitarios. Los sustitutos son, en su mayoría, rentables, sobre todo porque su demanda es cada vez mayor. En este grupo de medidas cabe también la conversión a tecnologías sin combustibles fósiles en las plantas generadoras que hasta ahora los utilizan.

120. Sin embargo, sería un error suponer que la sustitución es siempre la mejor opción. Por ejemplo, en el caso de las lámparas fluorescentes de eficiencia energética, mientras no haya sustituto competitivo que no use mercurio, desde la perspectiva del ciclo de vida del producto es preferible utilizar una lámpara de eficiencia energética que contenga mercurio que utilizar una lámpara fluorescente común, menos eficiente, que no contenga mercurio, en vista de las prácticas actuales de producción de electricidad.

C. Control de emisiones de mercurio mediante técnicas de control de fin de ciclo (“end-of-pipe”)

121. El control de las liberaciones de mercurio mediante técnicas de control de fin de ciclo, como el filtrado de gases de escape, puede ser especialmente apropiado para procesos que utilizan materias primas con contaminación mínima de mercurio: centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles, la producción de cemento (en el que la cal, como materia prima, suele contener cantidades mínimas de mercurio), la extracción y la elaboración de materias primas como hierro y acero, ferromanganeso, zinc, oro y otros metales no ferrosos y la elaboración de materias primas secundarias como chatarra de hierro y acero. Las tecnologías de control existentes que reducen el SO₂, NO_x y materia particulada de las calderas e incineradores alimentados con carbón, si bien no se utilizan todavía extensivamente en muchos países, también proporcionan un cierto control de mercurio. En el caso de calderas alimentadas con carbón, las reducciones van de 0 y 96%, según el tipo de carbón, tipo de caldera, y equipo de control de emisión. En promedio, a clase inferior de carbón menor reducción de mercurio; sin embargo, las reducciones también pueden variar dentro de una misma clase de carbón. La tecnología para un mayor control del mercurio

está en la etapa de desarrollo y demostración, y todavía no se comercializa. A largo plazo, las tecnologías de control para diversos contaminantes, entre ellos SO₂, NO_x, MP y mercurio, pueden ser un método rentable. Sin embargo, aunque reducen el problema de contaminación atmosférica por mercurio, las tecnologías de control de fin de ciclo siguen generando desechos de mercurio que son fuentes potenciales de futuras emisiones y deben ser eliminadas o reutilizadas de forma ambientalmente aceptable.

D. Gestión de los desechos de mercurio

122. Los desechos de mercurio, incluidos los residuos recuperados con tecnologías de control de fin de ciclo, constituyen una categoría especial de liberaciones de mercurio, y pueden afectar a poblaciones alejadas de la fuente inicial del mercurio. La gestión de los desechos de mercurio, que es la cuarta medida de “control” mencionada anteriormente, puede consistir en volver inerte el contenido de mercurio de los desechos, para luego depositarlos en rellenos sanitarios controlados, o bien depositarlos sin tratamiento previo. En Suecia, la única eliminación aceptable del mercurio consiste en el “almacenamiento definitivo” de los desechos, previamente tratados, a grandes profundidades, pero algunos aspectos técnicos de este método aún no se han resuelto.

123. La gestión de desechos de mercurio es cada vez más compleja ya que se recolecta cada vez más mercurio de una gran variedad de fuentes, entre ellas, productos del filtrado de gas, lodos de la industria cloroalcalina, cenizas, escorias y residuos minerales inertes, así como tubos fluorescentes usados, baterías y otros productos que por lo general no se reciclan. En los vertederos de desechos ordinarios generalmente se permiten concentraciones bajas de mercurio, pero algunos países sólo permiten que se depositen los desechos con concentraciones mayores de mercurio en vertederos con mejores tecnologías de control de liberaciones, para así limitar el lixiviado y la evaporación de mercurio. En algunos países el costo de la eliminación aceptable de desechos de mercurio es tal que muchos productores están buscando alternativas para no tener que generar ni tratar desechos de mercurio. La gestión de desechos de mercurio, tal como se practica hoy en día, en apego a la normatividad nacional y local, requiere cada vez más supervisión e inversión a largo plazo. La gestión adecuada de desechos de mercurio es importante para reducir liberaciones en el medio ambiente, como las ocasionadas por filtraciones (en termómetros y manómetros rotos, por ejemplo) o liberaciones que se generan con el tiempo debido a filtraciones en ciertas aplicaciones (interruptores automáticos, amalgamas dentales). Además, dada la demanda de mercurio, la recolección de productos que contienen mercurio para fines de reciclado reduce la necesidad de extracción de mercurio nuevo.

Prevención de emisiones y medidas de control

124. Una combinación cuidadosamente estudiada de medidas de prevención y control de emisiones es una forma efectiva de lograr una reducción óptima de liberaciones de mercurio. He aquí algunas medidas de prevención y control que pueden combinarse y aplicarse para las fuentes más importantes de liberaciones antropógenas de mercurio:

- Se pueden reducir las emisiones de mercurio de **incineradores de desechos municipales y médicos** separando la pequeña porción de desechos que contienen mercurio antes de su combustión. Por ejemplo, en los Estados Unidos, la recolección doméstica gratuita de desechos de mercurio ha resultado muy eficaz pues se ha logrado recuperar gran cantidad de productos que contienen mercurio e incluso recipientes llenos de mercurio elemental. Asimismo, los programas de separación han sido muy eficaces en el sector médico pues algunos hospitales se han comprometido a evitar la compra de productos con mercurio mediante programas conjuntos industria-ONG-gobierno. Sin embargo, a veces es difícil o costoso poner en práctica los programas de separación a mayor escala, sobre todo cuando se quieren implantar a toda una población. En tales casos, una mejor solución de largo plazo podría ser fomentar decididamente la sustitución de productos con mercurio por productos sin mercurio. Como solución de mediano plazo, pueden continuar los programas de separación, y se puede eliminar el mercurio de los gases de chimenea. Las emisiones de mercurio de la incineración de desechos médicos y municipales pueden controlarse relativamente bien agregando un sorbente de carbón al equipo de control de MP y SO₂ existente, pero este control no es cien por ciento efectivo y con este proceso se generan desechos que contienen mercurio.

- Las emisiones de mercurio de **calderas de plantas termoeléctricas y otras industrias**, sobre todo las que consumen carbón, pueden tratarse de manera efectiva mediante la depuración del carbón antes de la combustión, reducción de las cantidades de carbón consumido gracias al incremento de la eficiencia energética, medidas de control de fin de ciclo como depuración de gas de chimeneas y/o conversión a fuentes de combustible no de carbón, de ser posible. Otro método posible podría ser el uso de carbón con un contenido menor de mercurio. Otras opciones, como la depuración del carbón y otras opciones de pretratamiento para reducir emisiones de mercurio, si son viables y resultan rentables, también pueden emplearse. Además, puede captarse más mercurio introduciendo un sorbente antes de las tecnologías de control de SO₂ y MP, existentes. Estas tecnologías están en fase de desarrollo y demostración, pero aún no se comercializan. Además, los subproductos de estos procesos son fuentes potenciales de emisiones futuras y deben eliminarse y reutilizarse de manera ambientalmente aceptable.
- Las emisiones de mercurio generadas por la **contaminación residual de materias primas o materiales básicos** como en las industrias del cemento, minera y metalúrgica, pueden reducirse mediante técnicas de control de fin de ciclo y algunas veces seleccionado materias primas o materiales básicos cuya contaminación residual sea menor, si es posible.
- Las emisiones de mercurio durante **la producción de chatarra de acero**, en las zonas de desguace, trituradoras y en la producción secundaria de acero, se deben principalmente a los interruptores para luces interiores y sistemas de freno antibloqueo (ABS, por sus siglas en inglés) de los automóviles; por lo tanto, cabe prever un programa efectivo de recolección/retiro de interruptores como parte de la solución.
- Las liberaciones de mercurio y los peligros para la salud de las actividades de minería artesanal de oro pueden reducirse sensibilizando a los mineros y sus familias sobre los peligros, promoviendo ciertas técnicas no perjudiciales, que requieran menos, o que no requieran, mercurio y, de ser posible, construyendo instalaciones donde los mineros puedan llevar los minerales concentrados para el proceso final de refinado. Algunos países han intentado prohibir el uso de mercurio en la minería artesanal, lo que serviría, por ejemplo, para fomentar el uso de instalaciones centrales de procesamiento, pero la vigilancia de tal prohibición puede resultar difícil.
- Las liberaciones de mercurio y exposiciones en el lugar de trabajo durante la **producción cloroalcalina** pueden reducirse considerablemente mediante la implantación de estrictos procedimientos de control de existencias, medidas “de orden y buen gobierno” para evitar que el mercurio se disperse, filtración adecuada del aire evacuado de la planta y manejo cuidadoso y eliminación adecuada de desechos de mercurio. Existen algunos métodos específicos de prevención para reducir las emisiones de mercurio en la atmósfera. La industria cloroalcalina estadounidense inventó el uso de luces ultravioleta para detectar las fugas de vapor de mercurio en el equipo de producción y así poderlas obturar. Antes de abrir el equipo, primero debe enfriarse para reducir así emisiones de mercurio en la atmósfera. Se puede emplear un analizador continuo de vapores de mercurio para detectar fugas de vapor y dar aviso a los trabajadores para que puedan tomar medidas correctivas. La solución a largo plazo más aceptada es fomentar la supresión gradual y ordenada de procesos de producción cloroalcalina que requieren mercurio, y su sustitución con tecnologías que no utilizan este elemento.
- Las liberaciones y exposiciones al mercurio relacionadas con **pinturas, jabones, diversas aplicaciones de interruptores, termostatos, termómetros, manómetros y barómetros** que contienen mercurio, así como **soluciones de lentes de contacto, productos farmacéuticos y cosméticos** pueden reducirse sustituyendo estos productos con otros que no contengan mercurio.
- Las emisiones de mercurio derivadas de **prácticas odontológicas** pueden reducirse preparando amalgamas de mercurio de forma más eficiente, sustituyendo con otros materiales las amalgamas de mercurio e instalando trampas en el sistema de aguas de desecho.
- Las emisiones de mercurio de amalgamas dentales durante la **cremación** sólo pueden reducirse retirando las amalgamas antes de la cremación, aunque no es una práctica común, o bien filtrando las emisiones gaseosas al efectuarse la cremación. Como los purificadores de gases de combustión son

aparatos de control costosos para un crematorio, es preferible usar métodos preventivos como la sustitución de amalgamas dentales de mercurio en odontología.

- Respecto a la **eliminación no controlada de productos o desechos que contienen mercurio**, se pueden lograr reducciones de liberaciones si se decretan ilícitas estas prácticas y se aplica debidamente la legislación, si se mejora el acceso a plantas de desechos peligrosos y, a plazo más largo, si se reducen las cantidades de mercurio gracias a medidas que propicien su sustitución en productos y procesos.

CAPÍTULO 9 - Iniciativas para controlar liberaciones y limitar el uso y las exposiciones

Iniciativas nacionales

125. Las autoridades ambientales de algunos países consideran al mercurio como sustancia de gran prioridad por sus conocidos efectos perjudiciales. Son conscientes de los problemas que causa el uso y las liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio, y por eso han puesto en marcha medidas para limitar o evitar ciertos usos y liberaciones. He aquí algunos tipos de medidas que se han aplicado en diversos países:

- Normas de calidad ambiental que fijan la concentración máxima aceptable de mercurio para diferentes medios como agua potable, aguas superficiales, aire y suelo, así como para alimentos como el pescado.
- Acciones y normativas relacionadas con fuentes ambientales para controlar las liberaciones de mercurio en el medio ambiente, como las restricciones a las emisiones de fuentes puntuales en aire y agua, el fomento de las mejores tecnologías disponibles, tratamiento de desechos, y restricciones a su eliminación.
- Acciones y normativas de control de productos para productos con mercurio, como baterías, cosméticos, amalgamas dentales, interruptores eléctricos, productos químicos para laboratorio, lámparas, pinturas/pigmentos, plaguicidas, productos farmacéuticos, termómetros e instrumentos de medición.
- Otras normas, acciones y programas, como los reglamentos sobre exposición al mercurio en el lugar de trabajo, requisitos de información y notificación sobre uso y liberaciones de mercurio en la industria, recomendaciones para el consumo de pescado, y medidas de seguridad para el consumidor.

126. Si bien la legislación es el elemento clave de casi todas las iniciativas nacionales, la gestión libre de riesgos del mercurio también implica esfuerzos para reducir la cantidad de mercurio en uso mediante el desarrollo e introducción de alternativas más seguras y tecnología más limpia, la utilización de subsidios que apoyen los esfuerzos de sustitución y acuerdos voluntarios con la industria o los usuarios del mercurio. Gracias a la aplicación de estas diversas medidas, algunos países han logrado una disminución importante en el consumo de mercurio, con sus correspondientes reducciones de usos y liberaciones.

127. La siguiente tabla presenta un panorama general, con algunos tipos de medidas que se han adoptado para la gestión y control del mercurio, en lo que a producción y ciclo de vida de uso se refiere, así como una indicación de la situación que guarda su aplicación, con base en información presentada para este informe. En el capítulo 9 y en el Anexo se ofrece una descripción más detallada de la mayoría de las medidas.

TIPO DE MEDIDA Y FINALIDAD		SITUACIÓN DE LA APLICACIÓN
Fases de producción y uso del ciclo de vida		
F U E N T E S P U N T U A L E S	Evitar o limitar el uso intencional de mercurio en procesos	Prohibiciones generales aplicadas en muy pocos países
	Evitar o limitar la liberación directa del mercurio de procesos industriales (por ej., en la industria metalúrgica y cloroalcalina)	Aplicada en muchos países, en particular en los países de la OCDE
	Aplicar tecnologías de control de emisiones para limitar las emisiones de mercurio por el uso de combustibles fósiles y el procesamiento de materiales minerales	Aplicada en algunos países de la OCDE
	Evitar o limitar la liberación de mercurio de procesos hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales	Aplicada en algunos países de la OCDE
	Evitar o limitar el uso de tecnología obsoleta y/o exigir el uso de mejores tecnologías disponibles para reducir o evitar liberaciones de mercurio	Aplicada en algunos países, en particular en países de la OCDE
P R O D U C T O S	Evitar o limitar la comercialización nacional de productos que contienen mercurio	Prohibiciones generales aplicadas sólo en pocos países. Son más comunes las prohibiciones o restricciones de productos específicos: baterías, lámparas, termómetros clínicos
	Evitar la exportación de productos que contienen mercurio	Aplicada en muy pocos países
	Evitar o limitar el uso de mercurio y productos con mercurio ya adquiridos	Aplicada en muy pocos países
	Limitar el contenido permisible de mercurio presente como impurezas en materiales de gran volumen	Aplicada en muy pocos países
	Limitar el contenido permisible de mercurio en alimentos comerciales, en particular el pescado, y ofrecer orientación (con base en los mismos u otros valores límite) sobre el consumo de pescado contaminado	Aplicada en algunos países, en particular en países de la OCDE. Algunos países utilizan las directrices de la OMS.
Fase de eliminación del ciclo de vida		
Evitar, mediante una recolección eficiente de desechos, que el mercurio en desechos de productos y procesos se libere directamente al medio ambiente		Aplicada en muchos países, en particular en países de la OCDE
Evitar, mediante recolección y tratamiento por separado, que el mercurio en desechos de productos y procesos se mezcle con desechos menos peligrosos en el flujo general de desechos		Aplicada en muchos países, en particular en países de la OCDE
Evitar o limitar, mediante tecnologías de control de emisiones, las liberaciones de mercurio en el medio ambiente que provienen de incineración y otros tratamientos de desechos domésticos, desechos peligrosos y desechos médicos		Aplicada o por adoptarse en algunos países, en particular en países de la OCDE.
Establecer valores límite para contenido permisible de mercurio en lodos de depuración esparcidos en terrenos agrícolas		Aplicada en algunos países
Restringir el uso de residuos sólidos de incineración en la construcción de carreteras, edificación y otros usos		Aplicada en algunos países de la OCDE
Evitar la recomercialización de mercurio utilizado o reciclado		Aplicada en muy pocos países

Iniciativas regionales e internacionales

128. Parece ser que, dada la persistencia del mercurio en el medio ambiente y el hecho de que se transporte a largas distancias por aire y agua, cruzando fronteras y acumulándose a menudo en la cadena alimentaria, lejos de su punto de liberación original, algunos países han llegado a la conclusión de que las medidas nacionales no son suficientes. Hay algunos casos de países que han emprendido medidas en los

ámbitos regional, subregional e internacional para fijar metas de reducción comunes y garantizar la aplicación coordinada entre los países de la región interesada

129. Existen tres instrumentos vinculantes que implican compromisos jurídicos para las partes en materia de reducción de uso y liberación de mercurio y compuestos de mercurio:

- Convenio *LRTAP* (por sus siglas en inglés) sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia y su Protocolo de Aarhus sobre Metales Pesados, de 1998 (para Europa central y oriental, Canadá y los Estados Unidos)
- Convenio OSPAR para la Protección del Medio Marino en el Nordeste Atlántico
- Convenio de Helsinki sobre la Protección del Medio Ambiente Marino del Mar Báltico

Estos tres instrumentos han contribuido con éxito a la reducción sustancial de usos y liberaciones de mercurio en las regiones interesadas.

130. Sin embargo, la cooperación regional y subregional no sólo está representada por instrumentos con fuerza jurídica. Existen seis iniciativas a nivel regional o subregional que inspiran y promueven esfuerzos de cooperación para reducir usos y liberaciones de mercurio en áreas determinadas sin establecer obligaciones jurídicas en los países o regiones participantes. Éstas son las iniciativas: Plan de Acción del Consejo del Ártico (*Arctic Council Action Plan*), Estrategia Binacional Canadá-EU para Sustancias Tóxicas en los Grandes Lagos (*Canada-US Great Lakes Binational Toxics Strategy*), Plan de Acción sobre el Mercurio de los Gobernadores de Nueva Inglaterra y los Ministros del Este de Canadá (*New England Governors/Eastern Canada Premiers Mercury Action Plan*), Plan de Acción Regional de América del Norte (*North American Regional Action Plan*), Programa de Acción Ambiental en el Nórdico (*Nordic Environmental Action Programme*) y las Conferencias sobre el Mar del Norte (*North Sea Conferences*). Estas iniciativas tienen como aspectos importantes la discusión y la conclusión de acuerdos sobre objetivos concretos que deberán lograrse mediante la cooperación, el desarrollo de estrategias y planes de trabajo para lograr los objetivos fijados y el establecimiento de un foro para vigilar y discutir los avances. Aunque estas iniciativas no son vinculantes para sus participantes, por lo general existe un firme compromiso político para garantizar que los acuerdos concluidos en virtud de dichas iniciativas se ejecuten a escala nacional y regional.

131. También hay algunos ejemplos de iniciativas nacionales/regionales emprendidas por el sector privado en forma de compromisos voluntarios y que pueden considerarse como complementarias a las iniciativas del sector público, con buenas posibilidades de éxito puesto que tienen, por definición, el apoyo de los principales interesados. Todas estas iniciativas voluntarias son complementos valiosos de las medidas nacionales de reglamentación y propician una mejor conciencia del problema, el intercambio de información y el establecimiento de objetivos de reducción que benefician a la región interesada.

132. A nivel internacional, existen dos acuerdos multilaterales sobre medio ambiente que se relacionan con el mercurio y los compuestos de mercurio: el Convenio de Basilea sobre el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación, y el Convenio de Rotterdam para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos productos químicos y plaguicidas objeto de comercio internacional. Estos instrumentos regulan el comercio de productos químicos y plaguicidas o desechos peligrosos no deseados. Sin embargo, no contienen compromisos específicos para reducir directamente los usos y las liberaciones de mercurio. El acuerdo más reciente relativo a productos químicos, el Convenio de Estocolmo sobre COP, no incluye el mercurio. Además, algunas organizaciones internacionales realizan continuamente actividades relacionadas con los efectos perjudiciales del mercurio en seres humanos y medio ambiente.

133. Anexo al informe figura una compilación detallada de iniciativas nacionales, incluso legislativas, de cada uno de los países, titulado “Recuento de acciones nacionales presentes y futuras, incluida la legislación, relativas al mercurio” (*Overview of existing and future national actions, including legislation, relevant to mercury*). El Anexo se ha publicado por separado. La información compilada en el mismo proviene de los mismos países que han participado en este proyecto.

CAPÍTULO 10 – Datos y información faltantes

Necesidades de investigación e información en el plano nacional

134. En sus presentaciones al PNUMA, algunos países manifestaron la necesidad de crear o mejorar su “base de datos” nacional sobre mercurio y compuestos de mercurio (es decir, consolidar su conocimiento e información sobre usos y emisiones, fuentes de liberación, niveles en el medio ambiente y opciones de prevención y control). Aunque la situación es distinta en cada país, parece haber una necesidad general de información relativa a los diversos elementos de una estrategia de gestión ambiental para el mercurio. Además, los países que tienen más tradición en la gestión ambiental del mercurio han manifestado la necesidad de seguir ampliando su base de información sobre el mismo para poder evaluar mejor los riesgos y garantizar la gestión efectiva de los mismos. Éstas son algunas de las necesidades:

- Inventarios de uso, consumo y liberaciones ambientales nacionales de mercurio
- Vigilancia de niveles actuales de mercurio en diversos medios (aire, deposición atmosférica, aguas superficiales) y biota (como peces, vida silvestre y seres humanos) y evaluación de los efectos del mercurio en seres humanos y ecosistemas, incluidas las repercusiones de exposiciones acumuladas a diferentes formas de mercurio
- Información sobre el transporte, transformación, circulación y destino del mercurio en diversos sectores
- Datos y herramientas de análisis para evaluación de riesgos en seres humanos y la ecología
- Conocimientos e información sobre posibles medidas de prevención y reducción pertinentes para la situación nacional
- Sensibilización de la ciudadanía sobre los posibles efectos perjudiciales del mercurio y el manejo adecuado y prácticas de gestión de desechos
- Herramientas y centros adecuados para acceder a la información referente al mercurio y compuestos de mercurio en el ámbito nacional, regional e internacional
- Creación de capacidad institucional e infraestructura física para la gestión segura de sustancias peligrosas, entre ellas el mercurio y los compuestos de mercurio, y capacitación del personal que debe manipular estas sustancias peligrosas
- Información sobre el comercio y la industria del mercurio y materiales que contienen mercurio

135. En teoría, parte de esta información podría intercambiarse a nivel nacional, regional o internacional, ya que su importancia suele ser universal. Pero quizás habrá que “traducirla” al contexto de las tradiciones, actividades económicas e industriales y la realidad política de cada país. Ello exige prioridades, conocimientos y financiamiento sustanciales. Otros aspectos de la información son propios de cada país y requerirían esfuerzos nacionales para investigarlos, recopilarlos y procesarlos.

Falta de datos de carácter general, global

136. Si bien el mercurio es, probablemente, una de las sustancias tóxicas ambientales mejor estudiadas, aún hay lagunas respecto de algunas de las cuestiones fundamentales, generales y de escala mundial, relacionadas con él. Con base en la información proporcionada, y la compilación y evaluación aquí presentadas, presentamos una posible división del tipo de información faltante, de importancia mundial, sobre mercurio (el orden no indica jerarquía):

- Falta comprender y cuantificar los **mecanismos naturales que inciden en el destino del mercurio** en el medio ambiente, como movilización, transformación, transporte y absorción. En otras palabras, las trayectorias del mercurio en el medio ambiente, y del medio ambiente hacia los seres humanos.
- Falta comprender y cuantificar – desde una perspectiva mundial– el **comportamiento humano en relación con las liberaciones de mercurio**, y las correspondientes contribuciones humanas a la carga local, regional y mundial de mercurio. En otras palabras, las trayectorias del mercurio desde los seres humanos hacia el medio ambiente.

- Falta comprender la forma y el grado en que los seres humanos, ecosistemas y flora y fauna silvestre **son afectados por los niveles actuales de mercurio** que se encuentran en el medio ambiente local, regional y mundial. En otras palabras, los posibles efectos, número de afectados, y magnitud y gravedad de la afectación.

137. Se ha logrado una comprensión elemental de las tres categorías mencionadas anteriormente, gracias a medio siglo de intensas investigaciones sobre las repercusiones y las trayectorias del mercurio. Sin embargo, en algunas áreas, hace falta más investigación que proporcione nuevos datos para mejorar las evaluaciones por medio de la modelación ambiental y las herramientas modernas que facilitan la toma de decisiones. Pese a estas lagunas de información, se ha logrado un conocimiento suficiente sobre el mercurio (concretamente sobre su destino y transporte, efectos en la salud y el medio ambiente, y el papel de la actividad humana), de tal forma que no se debería esperar más para emprender una acción internacional contra los efectos perjudiciales del mercurio en el mundo.

CAPÍTULO 11 – Opciones para hacer frente a todo efecto significativo del mercurio a escala mundial

138. Como parte de la evaluación mundial sobre el mercurio, el Consejo de Administración del PNUMA solicitó para su examen un esbozo de las opciones para hacer frente a todo efecto perjudicial del mercurio a nivel mundial, entre otras cosas, reduciendo y/o eliminando el uso, las emisiones, las descargas y las pérdidas de mercurio y de sus compuestos; mejorando la cooperación internacional y procurando aumentar la comunicación relativa a los riesgos.

139. Como parte de la instrumentación de la decisión 21/5 del Consejo de Administración, el PNUMA estableció un Grupo de Trabajo para que le asistiera en la preparación de las discusiones del Consejo de Administración sobre este tema durante su período de sesiones en febrero de 2003. Durante su primera reunión celebrada del 9 al 13 de septiembre de 2002, el Grupo de Trabajo sobre la Evaluación Mundial del Mercurio concluyó su informe de evaluación para presentación ante el Consejo de Administración en su XXII Período de sesiones. En esta reunión, el Grupo de Trabajo llegó a algunas conclusiones relevantes para las consideraciones del Consejo de Administración:

- A partir de las conclusiones de este informe, el Grupo de Trabajo determinó que, a su parecer, son suficientes las pruebas de significativos efectos perjudiciales globales que justifican la acción internacional para reducir los riesgos en la salud y el medio ambiente debidos a la liberación del mercurio en el medio ambiente. Aunque es importante conocer mejor el problema, el Grupo de Trabajo subrayó que no era necesario tener un consenso pleno o pruebas completas para poder emprender acciones y que, por lo tanto, también deberían atenderse los efectos posiblemente perjudiciales a nivel mundial.
- El Grupo de Trabajo también acordó que se realizara un esbozo de opciones para recomendación sobre medidas para hacer frente a efectos perjudiciales del mercurio a escala mundial, regional, nacional y local. Las opciones comprenden medidas como reducir o eliminar la producción, consumo y liberaciones de mercurio, la sustitución por otros productos y procesos, el consumo, la puesta en marcha de negociaciones para un tratado con carácter vinculante, el establecimiento de un programa mundial de acción no vinculante, y el fortalecimiento de la cooperación entre gobiernos en lo relativo a intercambio de información, comunicación de riesgos, evaluación y otras actividades pertinentes.
- Por último, el Grupo de Trabajo convino en que es preciso presentar al Consejo de Administración una variedad de posibles acciones inmediatas a la luz de sus conclusiones sobre los efectos del mercurio, por ejemplo, aumentar la protección de poblaciones vulnerables (mediante mejores esfuerzos de divulgación entre mujeres embarazadas y mujeres que planean embarazarse), proporcionar apoyo técnico y financiero a los países en desarrollo y países con economías en transición, e intensificar la investigación, vigilancia y recopilación de datos sobre aspectos ambientales y de salud del mercurio así como sobre sustitutos del mercurio que no sean nocivos para el medio ambiente.